

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

N°d'enregistrement

/...../...../...../...../.....



كلية العلوم والتكنولوجيا

Technologie la de et Sciences des Faculté

قسم الآلية والكهروميكانيك

Département Automatique et électromécanique

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine Sciences et de la Technologie Filière Electromécanique

Spécialité Maintenance industrielle

Thème

***Etude de maintenance d'un tour d'usinage par analyse
FMD et AMDEC***

Déposer le / 06 / 2023

Par

-OULAD HADDAR Mohammed El Maaradj

-SABROU Salah Eddine

Devant le jury composé de :

Mr ZITANI BRAHIM

MAA

Examineur

Univ. Ghardaïa

Mr MERZOUG HOCINE

MAA

Examineur

Univ. Ghardaïa

Mr. LADJAL BOUMEDIENE

MAA

Examineur

Univ. Ghardaïa

Mr. BOUKHARI HAMED

MCB

Encadreur

Univ. Ghardaïa

Année universitaire 2022/2023



Remerciements

*Tout d'abord merci **mon Dieu***

*Pour nous donner la volonté et la patience et Bonne santé
pour faire notre travail et Diplômé.*

*Nous voulons traverser Gratitude et sincères remerciements à
Mr. BOUKHARI HAMED*

*Il nous a conduit dans cette entreprise avec beaucoup de
Gentillesse et beaucoup de faveur et Une patience infinie avec
nous pour conquérir*

*Les difficultés que nous avons rencontrées tout au long
Superviseur.*

*sans oublier Nous remercions tous les membres du corps
professoral de Faculté d'électromécanique La science et la
technologie,*

*Au final, je suis très honoré et ravi Je transmets mes
chaleureux remerciements à Toute l'équipe ALFAPIPE, surtout
HADJ KOUIDER Hassan et **HANNAI Yacine** qui Aidez-
nous à faire ce travail*



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail de recherche à
À ma **chère mère**, qui m'a donné le monde et n'ajamais
attendu merci.*

*À **mon père** la lumière de ma vie pour son soutien, ses
sacrifices et ses encouragements.*

*À mes collègues **BELLAKHDAR Abderrahmane** et **SIREDJ
Nadjib** et **TINA Abdelaziz** et mes chères **frères** pour leur
confiances dans les moments les plus difficiles où j'ai perdu la
confiance en moi.*

*À mes chères **amis** qui m'ont toujours tendu la main quand
j'en avais besoin.*

À tous ceux que j'aime.

*Que **Dieu** les bénisse*

Mohammed El Maaradj



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail de recherche à
À ma **chère mère**, qui m'a donné le monde et n'ajamais
attendu merci.*

*À **mon père** la lumière de ma vie pour son soutien, ses
sacrifices et ses encouragements.*

*À mes collègues **BELLAKHDAR Abderrahmane** et **LABED
Mohammed** et mes chères **frères** pour leur confiances dans
les moments les plus difficiles où j'ai perdu la confiance en
moi.*

*À mes **chères amis** qui m'ont toujours tendu lamain
quand j'en avais besoin.*

À tous ceux que j'aime.

*Que **Dieu** les bénisse*

Salah eddine

Résumé

Après un stage pratique, au sein d'ALFA PIPE et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons réalisé une étude qualitative de notre machine de tour parallèle S400 pour la prévention des défaillances ,analyse FMD et modes, effets et gravités de défaillance (FMDEC).

Sur la base des résultats, il a été déterminé que la fiabilité de la machine est très faible, où $R(T) = 43\%$, en raison de sa dépendance à la maintenance corrective et des temps d'arrêt accrus.

On peut dire que pour augmenter la fiabilité, ce qui donne la possibilité de réduire les temps d'arrêt, les indisponibilités et les coûts de maintenance, il faut concentrer tous les efforts afin d'arriver à une meilleure organisation de la maintenance.

ملخص

بعد فترة تدريب عملي ، داخل ALFA PIPE وكجزء من مشروع نهاية الدراسات لدينا ، أجرينا دراسة نوعية لآلة المخرطة المتوازية S400 للوقاية من الفشل وتحليل FMD وأنماط الفشل ، وتأثيراتها وخطورتها (FMDEC).

بناءً على النتائج ، تم تحديد أن موثوقية الماكينة منخفضة للغاية ، حيث $R(T) = 43\%$ ، نظراً لإعتمادها للصيانة التصحيحية وزيادة وقت التوقف عن العمل.

يمكننا القول أنه لزيادة الموثوقية ، التي تعطي إمكانية تقليل وقت التوقف عن العمل وعدم التوافر وتكاليف الصيانة ، من الضروري تركيز كل الجهود من أجل تحقيق تنظيم أفضل للصيانة.

Abstract

After a period of hands-on training, within ALFA PIPE and as part of our End of Studies project, we conducted a qualitative study of our S400 parallel lathe machine for failure prevention, FMD Analysis, Failure Modes, Impacts, and Severities (FMDEC).

Based on the results, it was determined that the reliability of the machine is very low, with $R(T) = 43\%$, due to its dependence on corrective maintenance and increased downtime.

It can be said that to increase the reliability, allowing the potential to reduce downtime, unavailability and maintenance costs, all efforts must be focused to reach a better organization of maintenance.

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I Présentation de l'entreprise ALFA PIPE	2
I .1-Introduction	3
I.2. Historique	3
I .3. Développement de TUS Ghardaïa	4
I.4.Plan de l'usine	5
I .5. Organigramme type d'unité ALFAPIPE	6
I .6. Domaine d'activité de l'entreprise	6
I.7. Procède de la fabrication	6
I.7.1. Préparation de bobine	6
I.7.2. Les équipements	7
I.7.3. Usine de revêtement de tubes	8
I.7.4. Schéma synoptique du procède de fabrication	9
I.8. Présentation du département maintenance	10
I.8.1. Processus maintenance	10
I.8.2. Planification de la maintenance	11
I.8.4. Contrôle et collecte des informations	12
I .9. Conclusion	13
Chapitre II La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/	16
AMDEC)	16
II.1. Introduction	17
II.2. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)	17
II.3. Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000)	17
II.4. La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000)	18
II.5. Les types de maintenance (Norme NF EN 13306)	18
II.5.1. La maintenance corrective	18
II.5.2. La maintenance préventive	19
II.5.3. Maintenance améliorative	20
II.6. Les activités de maintenance (norme NF EN 13306)	21
II.6.1. Inspection :	21
II.6.2. La surveillance	21
II.6.3. La réparation	21
II.6.4. Le dépannage	21
II.6.5. L'amélioration	21
II.6.6. La modification	21
II.6.7. La révision	22
II.6.8. La reconstruction	22

II.7. Les niveaux de maintenance.....	22
II.8. les temps de la maintenance	23
II.8.1. la MTBF	23
II.8.2. La MTTR.....	23
II.8.3. La MTTA.....	23
II.9. Fiabilité, Maintenabilité Et Disponibilité (FMD) Du Système	23
II.10. Fiabilité.....	23
II.10.1. Définition de la fiabilité	24
II.10.2. Différents types de fiabilité	24
II.10.3. Les indicateurs de fiabilité	24
II.10.4. Les lois de fiabilité.....	25
II.10.5. Loi de Weibull	26
II.10.6. Fiabilité de système	29
II.10.7. Objectifs de la fiabilité.....	29
II.11. Maintenabilité.....	29
II.11.1. Définition de la maintenabilité.....	30
II.11.2. Différents types de la maintenabilité.....	30
II.11.3. Temps Techniques de Réparation TTR.....	31
II.11.4. Utilisation mathématique de la maintenabilité	31
II.12.1. Définition de disponibilité	31
II.12.2. Disponibilité des différents formulaires.....	32
II.13.1. Définition de l'AMDEC AFNOR (Norme X-510).....	32
II.13.2. Historique et domaines d'application	33
II.13.3. Objectifs de l'AMDEC.....	33
II.13.4. Les types de l'AMDEC	33
II.13.5. Avantages et inconvénients de l'AMDEC	35
II.13.6. Les aspects de la méthode AMDEC	35
II.13.7. Les étapes de la méthode AMDEC	38
II.14. Conclusion.....	39
Chapitre III Généralité sur l'usinage et procédé le tournage.....	42
III.1. Introduction.....	43
III.2. Procédés d'usinage.....	44
III.3. Le But de L'usinage.....	44
III.4. Phénomène de coupe	44
III.4.1. Fraisage	44
III.4.2. Perçage	45
III.4.3. Rectifieuses.....	46
III.4.4. Rabotage.....	46
III.4.5. Mortaisage.....	47

II.4.6 Tournage.....	47
III.4.6.1 Définition de tournage.....	47
III.4.6.2 Principe du tournage.....	48
III.4.6.3. Différent types des tournages	48
III.4.6.4. Différentes opérations de tournage.....	51
III.4.6.5. Les outils de tournage	55
III.4.6.6. Les montages sur le Tour.....	56
III.4.6.7. Conditions de coupe	58
III.5. Conclusion	60
Chapitre IV Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400.....	61
IV.1. Introduction.....	62
IV.2. Etude FMD de tour parallèle S400.....	62
IV.3. Exploitation de l'historique	62
IV.4. Application pratique des méthodes d'analyse.....	63
IV.5. Calcul les paramètres de Weibull.....	65
IV.6. La méthode des moindres carrés.....	66
IV.7. Exploitation les paramètres de WEIBULL	68
IV.7.1. Le MTBF	68
IV.7.2. La fonction de réparation en fonction de MTBF	68
IV.7.3. La fiabilité en fonction de MTBF	68
IV.7.4. Le taux de défaillance en fonction de MTBF	68
IV.7.5. Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique	68
IV.8. Étude de modèle de Weibull.....	68
IV.8.1. La fonction de la densité de probabilité.....	68
IV.8.2. Fonction de répartition F(t)	70
IV.8.3. La Fiabilité	71
IV.8.4. Le taux de défaillance.....	72
IV.8.5. Calcul la Maintenabilité de la machine	73
IV.9. Calcul la disponibilité Di	74
IV.9.1. Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique.....	74
IV.9.2. Disponibilité instantané D(t).....	74
IV.10. Analyse de risque	75
IV.11. L'Analyse AMDEC	76
IV.13. Conclusion	82
CONCLUSION GENERALE	83
Bibliographie	85

Liste des tableaux

Tableau III. 1 Organes d'un tour parallèle.....	49
Tableau IV. 1. Dossier historique de tour parallèle S400	62
Tableau. IV.2. L'analyse ABC (Pareto).....	64
Tableau IV. 3. Fonction de réparation réel.....	65
Tableau IV. 4. La fonction de la densité de probabilité	68
Tableau IV. 5. Fonction de répartition.....	69
Tableau IV. 6. La fiabilité.....	70
Tableau IV. 7. Le taux de défaillance.....	72
Tableau IV. 8. La maintenabilité.....	73
Tableau IV. 8. la disponibilité instantané.....	74
Tableau IV. 9. Indice de gravité.....	75
Tableau IV. 10. Indice de fréquence F.....	75
Tableau IV. 11. Indice de détection D.....	76
Tableau IV. 12. AMDEC.....	77
Tableau IV. 13. Classe de criticité.....	81

LES FIGEURS

Figure. I.1. Image satellitaire de l'usine.....	3
Figure. I.2. Certificat.....	4
Figure. I.3. Implantation de d'efférentes zones de l'usine	5
Figure. I.4. Organigramme type d'unité ALFA PIPE	6
Figure. I.5. Bobine de la matière première	7
Figure. I.6. Revêtement extérieur	9
Figure. I.7. Revêtement intérieur	10
Figure. I.8. Schéma synoptique du procède de fabrication	10
Figure. II.1. Les différents types de maintenance.....	17
Figure. II.2. Temps caractéristiques lors d'une intervention.....	22
Figure. II.3. Courbe théorique de distribution est montrée.....	27
Figure. II.4 Courbes théoriques de Weibull.	27
Figure. II.5. Chronologie des temps des activités de maintenance.....	30
Figure. II.6. Représente l'allure de la courbe de Maintenabilité.....	31
Figure. II.7. Etats successifs d'un système réparable.....	32
Figure. II.8. Histogramme de hiérarchisation de la criticité.....	39
Figure. II.9. La Démarche AMDEC.....	40
Figure. III.1. Atelier l'usinage de l'Enterprise ALFA PIPE GHARDAIA.....	43
Figure. III.2. Fraiseuse horizontale et verticale.	45
Figure. III.3. Perceuse.....	45
Figure. III.4. Rectifieuses planes et cylindriques.....	46
Figure. III.5. Raboteuse.....	47
Figure. III.6. Mortaiseuse.....	47
Figure. III.7. Tour (S400)	48
Figure. III.8. Principe du tournage.....	48
Figure. III.9. Tours parallèles à charioter et à fileter (S250).....	49
Figure. III.10. Constitution d'un tour parallèle.....	49
Figure. III.11. Le chariotage cylindrique et conique.....	51
Figure. III.12. L'alésage cylindrique et conique.....	52
Figure. III.13. Dressage extérieur et intérieur.....	52
Figure. III.14. Le perçage.....	52
Figure. III.15. Le rainurage intérieur et extérieur.....	52
Figure. III.16. Le chanfreinage intérieur et extérieur.....	53

Figure. III.17. Le tronçonnage.....	53
Figure. III.18. Le filetage intérieur et extérieur.....	53
Figure. III.19. Composition d'outil.....	54
Figure. III.20. Les différentes formes de plaquettes.....	54
Figure. III.21. Les plaquettes réversibles et non réversible.....	55
Figure. III.22. Outil de chariotage coudé et droit.....	55
Figure. III.23. Outil à dresser.....	55
Figure. III.24. Outil à charioter-dresser.....	56
Figure. III.25. Outil à aléser-dresser.....	56
Figure. III.26. Outil à tronçonnage.....	56
Figure. III.27. Outil de fileter extérieur et intérieur.....	56
Figure. III.28. Les outils à rainurer.....	57
Figure. III.29. Montage en l'air.....	57
Figure. III.30. Montage mixte.....	57
Figure. III.31. Montage entre pointes.....	58
Figure. III.32. Vitesse de coupe V_c.....	58
Figure. III.33. Vitesse d'avance V_f.....	59
Figure. IV. 1. La Courbe d'ABC.....	65
Figure. IV. 2. Page de calcul on Excel.....	66
Figure. IV. 3. Papier de Weibull sur logiciel Matlab.....	67
Figure. IV. 4. La Courbe Densité De Probabilité.....	69
Figure. IV. 5. Courbe De Fonction Répartition.....	70
Figure. IV. 6. La Courbe De la Fonction Fiabilité.....	71
Figure. IV. 7. Le courbe taux de défaillance.....	72
Figure. IV. 8. La Courbe de Maintenabilité.....	73
Figure IV. 9. Disponibilité instantanée.....	75

Liste des abréviations explicitées

TTR : Temps de réparation

TBF : Temps de bon fonctionnement

UT : Up Time, périodes de bon fonctionnement

R(t) : Fonction de fiabilité

F(t) : Fonction de défaillances

f (t) : Densité de probabilité

λ (t) : Taux de défaillance

MUT : Moyenne temps entre défaillance

MTTR : Moyenne de temps de réparation

μ : taux de réparation

MTBF : Moyenne de Temps de bon fonctionnement

F : Fiabilité

M : Maintenabilité

D : Disponibilité

β : Paramètre de forme

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

AMDEC : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité

ABC : Analyse ABC de Pareto : une technique d'analyse utilisée pour classer les éléments en fonction de leur valeur ou de leur importance relative.

BT : bon de travail

DT : Demande intervention

TUS : Traitement de unité de surface

Introduction Générale

Introduction Générale

Le développement de l'industrie exige un système d'appareillage qui permet d'améliorer le travail, accélérer les rythmes de productivité, augmenter la qualité des produits et diminuer les coûts de maintenance.

L'application de la maintenance actuellement est le fer de lance de l'industrie d'aujourd'hui qui doit répondre aux exigences de performance du processus de production elle-même tributaire de la fiabilité des équipements. Les objectifs de cette analyse au niveau de l'atelier l'usinage de l'entreprise ALFA PIPE consiste :

- Détermination des paramètres de fiabilité en utilisant le modèle de "Weibull". [14] [15]
- Sélectionnés les organes étudiés par des méthodes d'analyse « ABC » ; « AMDEC » et « FMD » à partir des données sur les équipements. [11]-[21]
- Choisir la politique de la maintenance à appliquer aux équipements en exploitation.

Dans ce contexte nous mettrons ainsi en avant la machine tour parallèle S400 pour

- Réduisez les temps d'arrêt imprévus.
- Réduisez les coûts de maintenance.
- Réduire le prix de revient du produit.
- Réduire les accidents et des dommages.

Pour découvrir tout cela, nous avons classifié dans cette mémoire

Chapitre I Pendant les 30 jours de formation que nous avons fait à ALFAPIPE -Ghardaïa nous avons pu découvrir l'entreprise et nous avons obtenu d'excellentes informations pour un véritable système de production (système de transport, stockage, processus de fabrication, laboratoires, instrumentation, matériaux divers).

Chapitre II : Au cours de ce chapitre, nous avons fourni un aperçu complet des concepts de maintenance, de fiabilité, de maintenabilité, de disponibilité et d'AMDEC.

Chapitre III : a traité des généralités sur l'usinage et procédé le tournage en s'attardant sur le principe et différents types, opérations et les outils de tournage.

Chapitre IV : Nous prenons l'historique des défauts de l'appareil sur une période de 5 ans (2019/2020/2021/2022/2023) Et nous avons fait une étude analytique par l'utilisation de la méthode FMD et AMDEC.

Chapitre I Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

I.1-Introduction

Notre stage a été effectué au niveau de l'unité de fabrication des tubes souder en spirale ALFA PIPE GHARDAIA. La société qui nous a choisi est implanté Située à 600 Km de la capitale et à 200 km de Laghouat au sud de notre pays à la zone industrielle de BOUNOURA-GHARDAIA, à 10km du chef-lieu de wilaya, l'usine occupe une superficie de 23000m² et son effectif s'élevé en moyenne à 500 employés. Spécialisé dans la production et commercialisation de tube soudé en spirale destine à la construction de pipeline (gazoduc oléoduc), et aux infrastructures de transfert d'eau et travaux publique.[1]



Figure I.1. image satellitaire de l'usine [1]

I.2. Historique

Les puits de contrôle et de gaz se situent près de l'usine Hassi Rmel et Hassi Messaoud. La tuyauterie à spirale d'Elhadjar (Annaba) ne répond pas seule aux besoins importants de transport d'hydrocarbures de SONARTRACH. Pour y remédier, une deuxième unité similaire à la première a été créée. Cette dernière a été construite en avril 1974 par une entreprise allemande et a commencé à fonctionner en 1977 à une capacité annuelle de 120 000 tonnes, correspondant à l'équivalence de 375 km de tubes de 42 cm de diamètre. Les bobines sont acheminées par train d'Annaba à Touggourt, où elles sont stockées dans un dépôt de 40 000 tonnes. Elles sont ensuite transportées par camion SNTR jusqu'à GHARDAIA (350 km). Le transport est parfois un facteur limitant pour les paramètres de production.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

La construction des principaux équipements a été confiée aux entreprises étrangères (HOECH principal fournisseur des équipements). L'unité produit une gamme des tubes allant de 16 à 64 pouces (406.4 à 1625.6mm), de 7 à 20 mm d'épaisseur et 7 à 16 m de longueur (la demande a exigé jusqu'à présent 13m de longueur max) Q1-0403 et ISO 9001 [1]



Figure I.2. certificat [1]

I.3. Développement de TUS Ghardaïa

1974 c'était la mise en chantier de SNS (société nationale da sidérurgie) à Ghardaïa. Et la mise en service de l'unité de production c'était qu'après deux ans, d'une capacité de 125000 t/ans l'équivalent de 375 km.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

Pour améliorer ces produits ; en 1992 la SNS a fait une extension et à la démarrer les deux unités de revêtement ; intérieure et extérieure. Après cette extension elle a été capable de fabriquer les tubes gazoduc et oléoduc.

Après la restructuration des entreprises elle a devenu SNTPP (la société National de Traitement des Produits Plats) du groupe ANABIB, et direction Alger. En 2001 elle a devenu PIPE GAZ filiale ANABIB, et en 2006 elle a devenu TUS Ghardaïa, la jumelle de TUS Annaba ; filiales de ALFAPIPE. Jusqu'à 1999 toutes les unités ont été commandées par les technologies câblées. Après ils ont automatisés l'unité de production et celle de revêtement extérieur [2]

I.4. Plan de l'usine

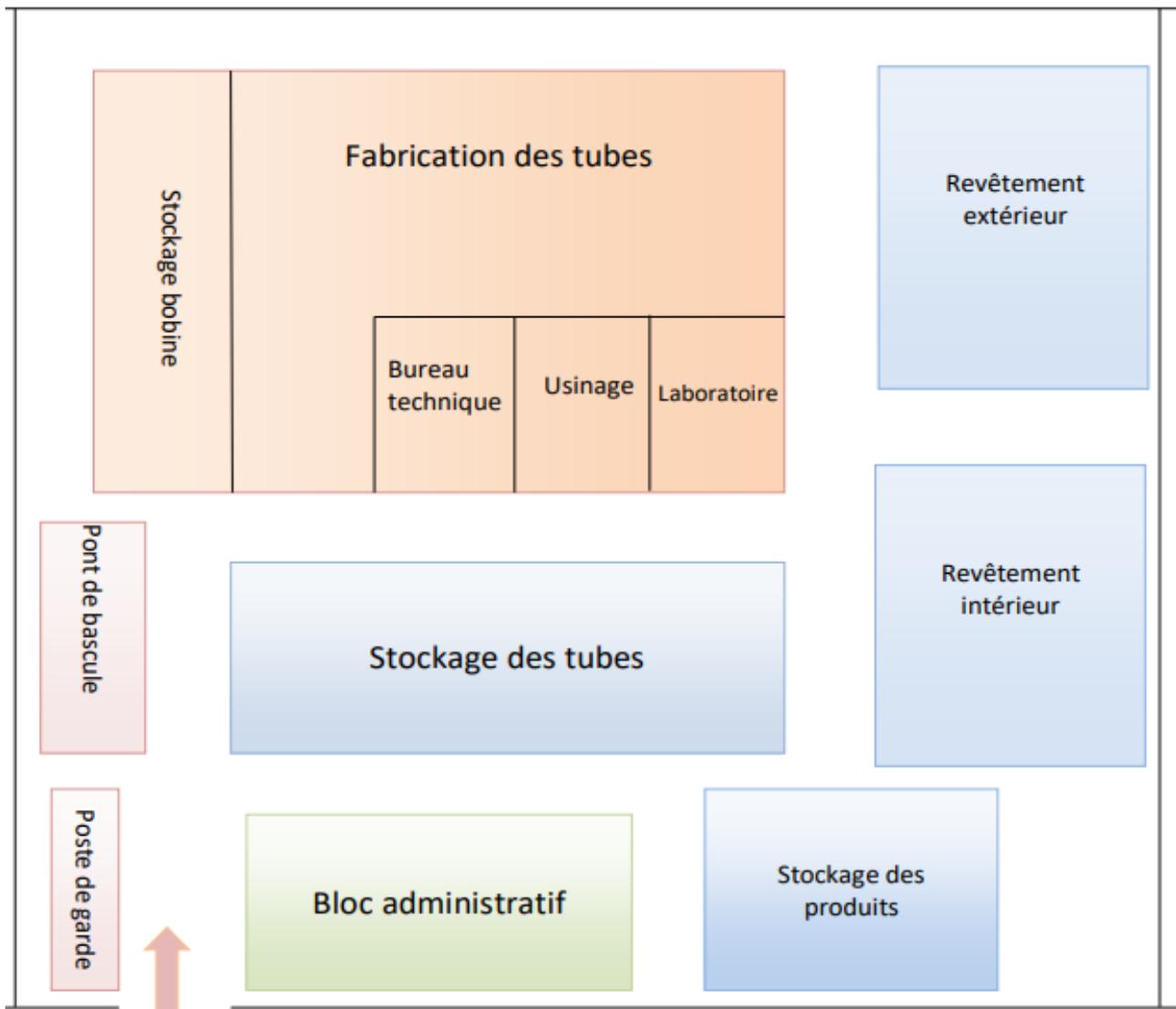


Figure I.3. implantation de d'ifférentes zones de l'usine [2]

I.5. Organigramme type d'unité ALFAPIPE

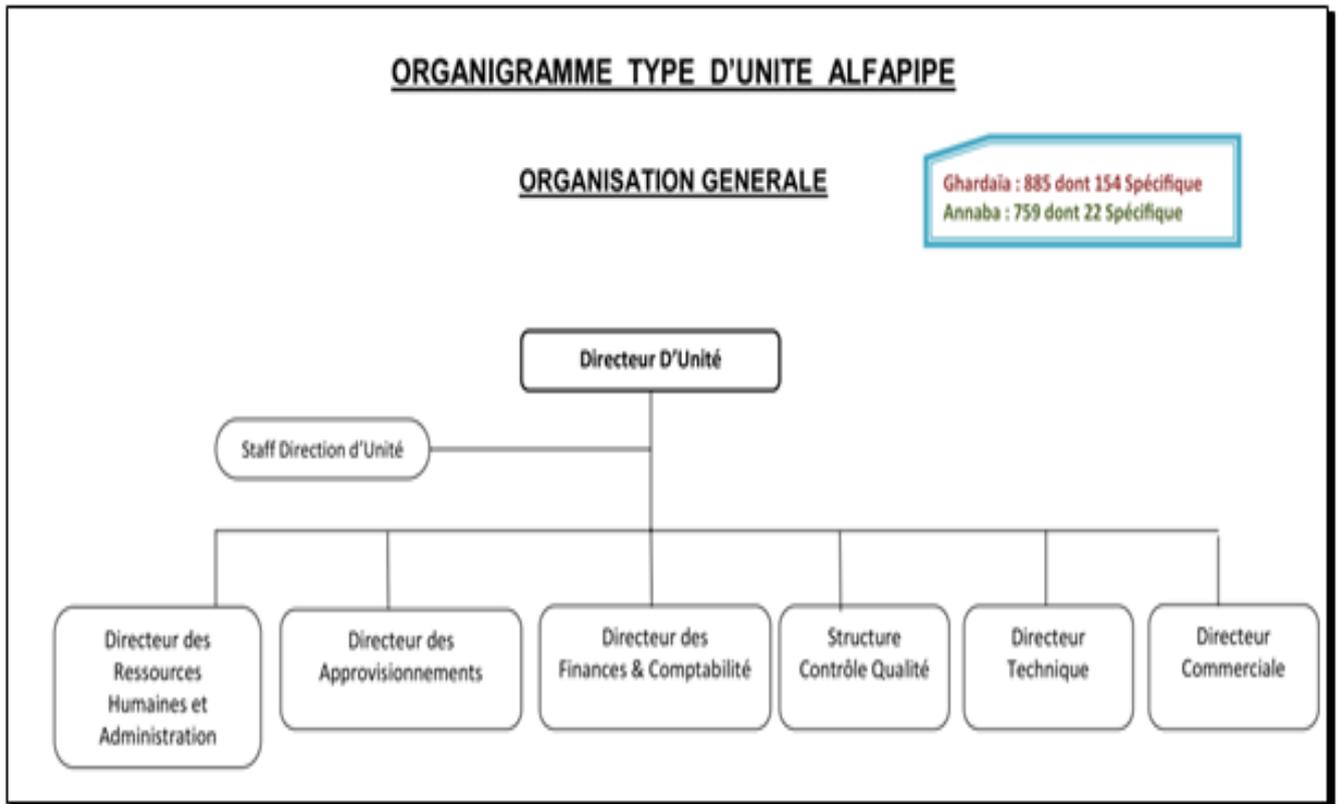


Figure I.4. organigramme type d'unité ALFAPIPE [2]

I.6. Domaine d'activité de l'entreprise

L'entreprise ALFA PIPE est spécialisée dans la fabrication de tubes spirales destinés au transport sous haute pression de liquides tels que le pétrole, le gaz et l'eau. Ces tubes peuvent être utilisés pour la construction de pipe-lines (oléoducs et gazoducs) ainsi que pour le transport d'eau potable, la mise en place d'infrastructures hydrauliques, l'assainissement et le drainage, ainsi que pour le soutien de puits.

I.7. Procède de la fabrication

Avec la première matière (bobine d'acier), un tube soudé en spirale de différentes largeurs et épaisseurs est obtenu, laminé et soudé en même temps en utilisant le procédé de soudage submergé (externe et interne), à travers les étapes suivantes [2]

I.7.1. Préparation de bobine

Contiens les séquences suivantes

- Déroulage de bobine.
- Dressage.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

- Rognée les deux côtés.
- Brossage.
- Préparation des rives.

Tous les éléments de la partie "préparation de bobine" sont fixés sur un châssis de base, il est pivoté dans la position correspondante (angle d'entrée) selon la largeur de la bande et le diamètre du tube.

Caractéristiques techniques

- Poids de bobine	max 30 tonnes
- Diamètre intérieur de bobine	600 à 820mm
- Diamètre extérieur de bobine	1200 à 2000 mm



Figure I.5. bobine de la matière première [3]

I.7.2. Les équipements

ALFAPIPE dispose d'équipements appropriés et d'employés compétents pour la fabrication de tubes en spirale. Les machines utilisées comprennent des dispositifs pour préparer les bobines, souder, nettoyer, oxycouper, faire des contrôles radioscopiques et radiographiques, ainsi que pour tester la résistance à l'eau et appliquer un revêtement intérieur et extérieur. L'entreprise utilise également des convoyeurs et des ponts roulants pour déplacer les tubes entre les différentes machines. En plus de ces équipements, ALFAPIPE dispose d'ateliers d'usinage, de chaudronnerie et électriques, ainsi que de laboratoires pour assurer la qualité des produits et fournir des pièces de rechange pour les machines.

I.7.3. Usine de revêtement de tubes

I.7.3.1. Revêtement extérieur

Le tuyau est protégé des facteurs mécaniques et chimiques externes en appliquant un revêtement externe. Ce revêtement est obtenu en enroulant un film sur le tube à travers un certain processus comprenant : le séchage, le grenaillage extérieur, le chauffage par induction, le revêtement PE, le tunnel de refroidissement, la coupe d'extrémité, le pare-chocs d'extrémité et le contrôle des défauts de galvanoplastie.



Figure I.6. revêtement extérieur [4]

I.7.3.2. Revêtement intérieur

Pour protéger la surface interne du tube, nous procédons à une série d'étapes comprenant le nettoyage au karcher et le séchage à l'aide d'un brûleur à gaz. Ensuite, nous utilisons une technique de grenaillage sur le tube afin d'assurer un nettoyage complet. Après cela, nous appliquons une couche de peinture intérieure d'une épaisseur de 40 à 70 micromètres. Nous effectuons un contrôle final pour s'assurer que tout est en ordre.

Le processus de séchage se fait à l'aide d'un annulaire installé entre deux convoyeurs à rouleaux. Nous utilisons du gaz d'une puissance de 800 thermies pour ce faire. Le four est contrôlé par une armoire de commande qui dispose d'un régulateur de température. Ce dernier agit sur des vannes d'arrêt liées à 4 brûleurs. Un capteur avec une gaine longue de 150 cm permet de mesurer la température du four.

L'objectif principal du séchage est d'éliminer l'humidité qui peut nuire à l'opération de grenaillage. La technique de grenaillage permet de nettoyer en profondeur les tubes en projetant des billes métalliques sur leur surface. Nous utilisons une cabine, un circuit de récupération, un élévateur, un séparateur, une turbine, un filtre, ainsi qu'une installation électrique et pneumatique pour réaliser cette étape avec succès.



Figure I.7 Revêtement intérieur [4].

I.7.4. Schéma synoptique du procédé de fabrication

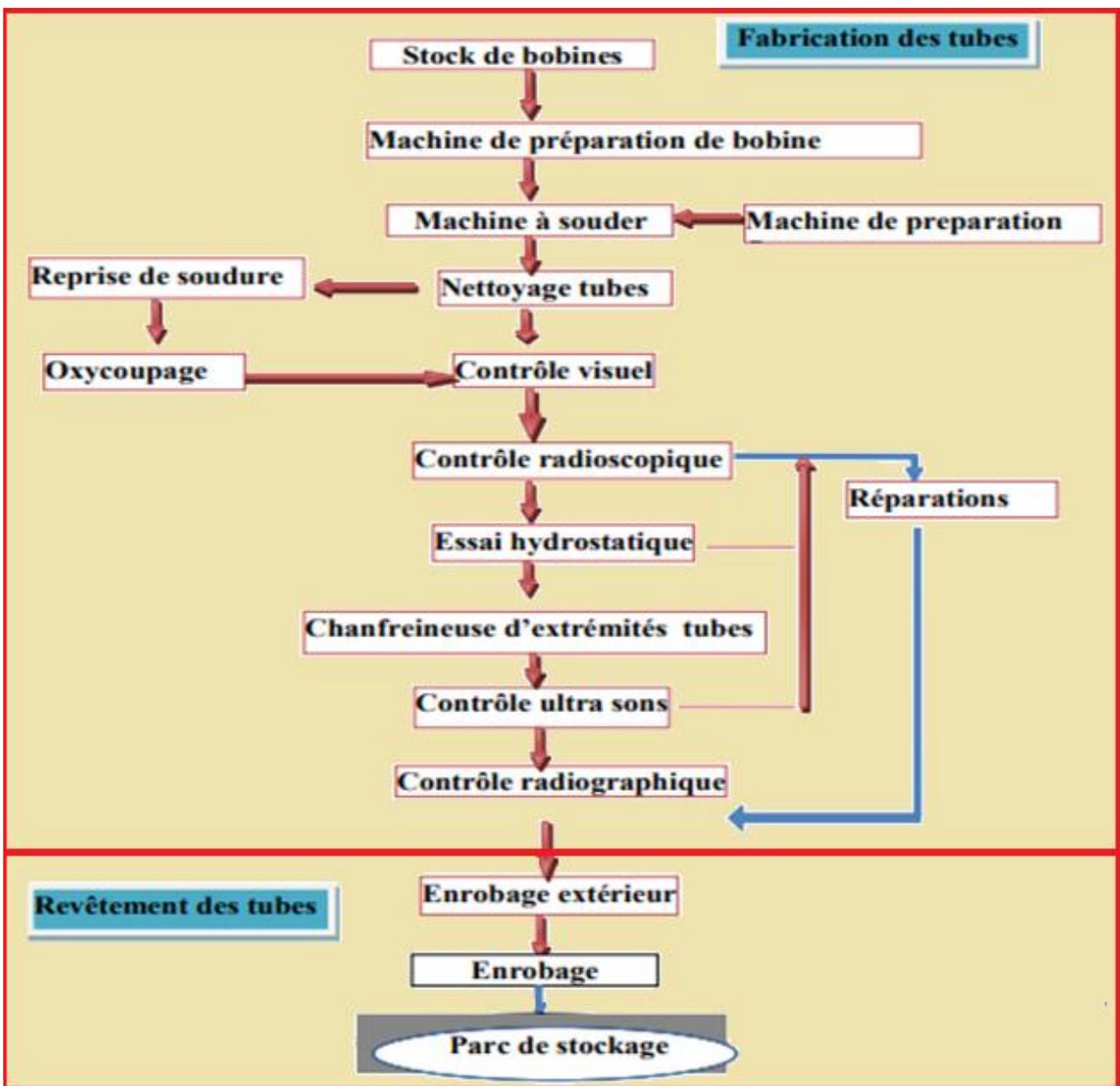


Figure.I.8. schéma synoptique du procédé de fabrication [5]

I.8. Présentation du département maintenance

I.8.1. Processus maintenance

Le processus Maintenance est constitué de différentes fonctions qui peuvent être classées en deux catégories

I.8.1.1. Les fonctions de base

- La Préparation
- L'ordonnancement
- La programmation des réparations
- L'approvisionnement et la distribution des moyens nécessaires.
- La réalisation des travaux de maintenance
- La collecte des informations sur les réparations.
- La collecte des informations sur les pannes.

I.8.1.2. Les fonctions complémentaires

- Les études d'amélioration.
- La planification et la standardisation de la programmation des travaux.
- La gestion budgétaire.

I.8.1.3. Préparation

Les informations doivent être recueillies par plusieurs parties prenantes pour garantir leur exactitude et leur fiabilité, avec pour support la GMAO, pour définir le triplet "symptôme, cause et remède de panne" lors de la préparation des travaux.

I.8.1.4. Analyse de panne

Isée en place une méthodologie d'analyse de panne, elle pourra réduire considérablement le temps de réparation. Il est recommandé d'utiliser une procédure basée sur des méthodologies telles que "5 pourquoi". Si l'entreprise n'a pas encore instauré cette méthodologie, l'utilisation de l'AMDEC (analyse des modes de défaillances selon leurs effets et leur criticité) sera un outil très performant. Elle devrait envisager de le faire pour optimiser ses processus de réparation.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

I.8.1.5. Ordonnancement

La fonction d'ordonnancement permet d'organiser le travail à réaliser

- Prévoir la chronologie du déroulement des différentes tâches de maintenance.
- Optimiser les moyens nécessaires en fonction des délais.
- Ajuster la charge.
- Contrôler l'avancement et la fin des travaux.
- Analyser les écarts entre les prévisions et les réalisations.
- Avoir une vision à long terme (plan de charge annuel), à moyen terme et à court terme.

I.8.2. Planification de la maintenance

Elle comporte

- La préparation.
- L'ordonnancement.
- La programmation des réparations.
- L'approvisionnement et la distribution des moyens nécessaires.

La programmation des travaux de maintenance doit assurer

- Le suivi de l'état technique des installations.
- L'élaboration des listings des travaux.
- La préparation des travaux.

Elle se trouve complétée par

- L'approvisionnement et la distribution des ressources.
- L'élaboration du planning de lancement des travaux.

I .8.3. Exécution des travaux de maintenance

I .8.3.1. Travaux programmes (maintenance systématique)

I .8.3.1.1. Préparation

Après réception des demandes de travail (BT, DI) et du planning, l'Exécution est chargé de

- Vérifier la faisabilité des travaux.
- Vérifier la disponibilité des PDR et des outillages spéciaux.
- Désigner les agents.
- Les doter en outillage nécessaire.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

- Déterminer les mesures de sécurité à prendre.

I.8.3.1.2. Exécution des travaux

Voilà comment l'ordre de travail de maintenance est généralement exécuté.

- **Les techniciens effectuent les travaux selon le plan établi.**
- **Tests et vérification de qualité** Une fois les travaux terminés, les techniciens effectuent des tests et des vérifications pour s'assurer que tout fonctionne correctement.
- **Documentation** Tous les travaux effectués et les vérifications de qualité sont documentés pour référence future.
- **Remise en service** L'équipement ou la zone est remis en service une fois que toutes les vérifications ont été effectuées.

I.8.3.2 Dépannage (maintenance corrective)

Les mesures physiques prises pour maintenir temporairement un objet en panne en état de fonctionner selon ses fonctions requises, en attendant que les réparations nécessaires soient effectuées. [6]

I.8.4. Contrôle et collecte des informations

Les informations sont enregistrées et collectées à travers tous les travaux qui ont été effectués après réparation ou le panne, sur la base des documents suivants

- Bons de travail (BT)
- Demandes d'Intervention (DI).
- Obligations d'incident (BI).
- Livres de devoir (livres postaux).
- Rapports d'interférence de panne. [7]

I.8.5. Amélioration élémentaire

Pour assurer un fonctionnement optimal, il est essentiel de disposer d'un système efficace de feedback, qui permette de recueillir des informations sur les travaux effectués, les dysfonctionnements et l'état technique des équipements.

La prise en charge des fonctions de base constitue une condition sine qua non avant de prétendre à l'atteinte des stades évolués de maintenance. Le fait de réduire les pannes tant en amplitude qu'en fréquence, et réaliser les travaux de maintenance suite à inspection concourra à enregistrer des résultats plus appréciables.[7]

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFA PIPE

I.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu général sur l'entreprise nationale de transformation des tubes ALFA PIPE Ghardaïa, et les différents services, et obtenu d'excellentes informations pour un véritable système de production, où à leur tour support la haute pression depuis qu'il fabrique des tubes hélicoïdaux avec des normes de classe mondial ISO ALFA PIPE.

Cette société a plus de 40 ans d'expérience, c'est pourquoi elle doit rivaliser avec les entreprises internationales, où il semble intéressant de mettre en évidence les questions actuelles qui se posent sur l'avenir de l'industrie de métal, de savoir comment les acteurs économiques vont faire développer le contrôle et la maintenance.

Chapitre II La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

II.1. Introduction

Le but de ce chapitre consiste à introduire la maintenance industrielle dans son ensemble, qui a pour objectif de garantir le bon fonctionnement des outils de production. Cela est très important pour tout propriétaire d'une installation industrielle, étant donné que la maintenance des équipements de production est l'un des obstacles majeurs à surmonter. Une installation de production qui nécessite une combinaison de ressources matérielles et humaines ne peut offrir les résultats attendus qu'après avoir surmonté plusieurs défis, notamment la maintenance des équipements de production utilisés.

La fonction de maintenance joue un rôle stratégique important dans les entreprises. Elle est étroitement liée au développement technologique en constante évolution, à l'émergence de nouveaux modes de gestion et à la nécessité de réduire les coûts de production. Aujourd'hui, elle n'a plus uniquement pour but de réparer un équipement ou de garantir son bon fonctionnement, mais également de prévoir et d'éviter les pannes. Durant ces changements, les tâches des professionnels de la maintenance ont évolué pour allier les compétences technologiques, organisationnelles et de communication. [8]

II.2. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)

Selon la norme AFNOR X 60-000 (Association française de normalisation), la maintenance englobe l'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion tout au long du cycle de vie d'un bien, visant à le préserver ou à le restaurer dans un état lui permettant d'accomplir la fonction requise.

II.3. Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000)

En accord avec la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs visés par la maintenance sont les suivants :

- Assurer la disponibilité et la durabilité du bien ;
- Garantir la sécurité des individus et des biens ;
- Maintenir la qualité des produits ;
- Préserver l'environnement ;
- Optimiser les coûts de maintenance ;

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

II.4. La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

Le plan de gestion de la maintenance est une stratégie élaborée pour garantir le bon fonctionnement et la fiabilité des équipements, installations ou systèmes tout au long de leur cycle de vie. Cette approche repose sur des normes telles que la NF EN 13306 et la FD X 60-000, qui énoncent des exigences et des meilleures pratiques en matière de gestion de la maintenance.

Les choix stratégiques en matière de maintenance visent à atteindre plusieurs objectifs :

- Développer, adapter ou mettre en œuvre des méthodes de maintenance ;
- Élaborer et optimiser les procédures de maintenance ;
- Organiser les équipes de maintenance ;
- Externaliser partiellement ou totalement les activités de maintenance ;
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- Évaluer l'impact économique (retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration des outils de production en termes de productivité et de facilité de maintenance.

II.5. Les types de maintenance (Norme NF EN 13306)

Dans la définition de la maintenance, nous identifions deux termes clés : maintenir et rétablir. Le premier terme se réfère à une action préventive, tandis que le second implique une action corrective. La Figure II.1 présente les différents types de maintenance.

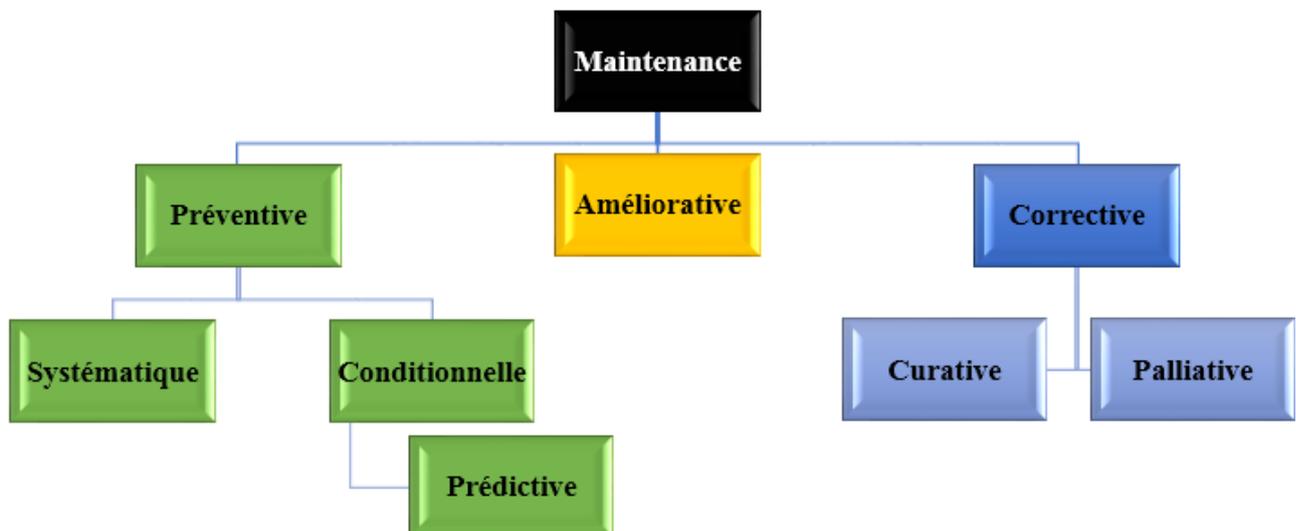


Figure II.1.les différents types de maintenance [8]

II.5.1. La maintenance corrective

La maintenance corrective, telle que définie par la norme AFNOR X 60 010, est réalisée après la détection d'une défaillance. Elle peut être effectuée de deux manières. La première consiste en une action provisoire (rétablissement provisoire), ce qui correspond à la maintenance palliative. La

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

seconde consiste en une action définitive (rétablissement définitif), ce qui caractérise la maintenance curative.

II.5.1.1. Objectives de maintenance corrective

- Assurer la disponibilité et la durabilité du bien.
- Garantir la sécurité des individus et des biens.
- Maintenir la qualité des produits.
- Préserver l'environnement.
- Optimiser les coûts de maintenance.

II.5.1.2. Opérations de la maintenance corrective

- Test : il s'agit de comparer les mesures avec une référence.
- Détection : l'action de repérer l'apparition d'une défaillance.
- Localisation : l'action visant à localiser précisément les éléments à l'origine de la défaillance.
- Diagnostic : l'identification et l'analyse des causes de la défaillance.
- Réparation: la dépannage ou la remise en état (avec ou sans modification).
- Contrôle : la vérification du bon fonctionnement après l'intervention.
- Amélioration éventuelle : afin d'éviter la récurrence de la panne.
- Historique : l'enregistrement de l'intervention pour une utilisation future.

II.5.2. La maintenance préventive

La maintenance préventive est définie comme une intervention effectuée selon des critères prédéterminés, dans le but de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu (AFNOR X 60010). Ainsi, un planning de maintenance préventive est établi pour chaque équipement.

II.5.2.1. La maintenance préventive systématique

Selon l'AFNOR, la maintenance préventive est définie comme une intervention effectuée selon un calendrier établi en fonction du temps écoulé ou d'un nombre prédéterminé d'unités d'utilisation. Les intervalles de temps ou le nombre d'unités d'utilisation peuvent être déterminés en se basant sur la connaissance des mécanismes de défaillance du système. [8]

II.5.2.2. La maintenance préventive conditionnelle

Est « une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé. Ces indicateurs sont généralement les vibrations, pression, bruit, température, ...etc. révélateur de l'état de dégradation d'un bien » AFNOR X60010.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisées (FMD/ AMDEC)

II.5.2.3. La maintenance préventive prédictive

Il s'agit d'une maintenance préventive conditionnelle qui permet d'ajuster les prévisions des opérations de maintenance à effectuer en fonction des prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien. Cela permet de prendre des mesures préventives en se basant sur des indicateurs pertinents. [4]

II.5.2.4. Objectifs de la maintenance préventive

- Améliorer la fiabilité du matériel.
- Prévenir et anticiper les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Améliorer la planification des travaux.
- Assurer la sécurité des individus.
- Éliminer les causes d'accidents graves.
- Améliorer la gestion des stocks.
- Garantir la qualité des produits.

II.5.2.5. Opérations de la maintenance préventive

Inspections : activité de surveillance dans le cadre d'une mission définie, réalisant des ajustements simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de la production ou des équipements.

Contrôle : vérification de la conformité aux données préétablies, suivi d'une prise de décision. Ce contrôle peut entraîner une action de maintenance corrective ou inclure une décision de refus, d'acceptation ou de report.

Test : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif pour un fonctionnement correct.

Visite : examen détaillé et prédéterminé de l'ensemble (visite générale) ou d'une partie (visite limitée) des différents éléments d'un équipement, pouvant impliquer des opérations de maintenance de premier et deuxième niveau, et éventuellement conduire à une maintenance corrective.

Révision : ensemble des actions d'examens, de contrôles et d'interventions réalisées pour prévenir les défaillances majeures ou critiques pendant une période définie ou un certain nombre d'unités d'utilisation.

II.5.3. Maintenance améliorative

Il s'agit de toutes les actions techniques, administratives et de gestion visant à améliorer la fiabilité, la maintenabilité et la sécurité intrinsèques d'un système, sans modifier sa fonction d'origine.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

Des améliorations peuvent également être apportées pour prévenir une utilisation incorrecte en fonctionnement et éviter les défaillances.

II.5.3.1. Objectifs de la maintenance améliorative

- Améliorer les performances de production.
- Renforcer la maintenabilité.
- Standardiser certains éléments ou sous-ensembles.
- Accroître la sécurité des utilisateurs et la fiabilité.[4]

II.6. Les activités de maintenance (norme NF EN 13306)

II.6.1. Inspection :

Il s'agit d'un contrôle de conformité qui consiste à mesurer, observer, tester ou calibrer les caractéristiques importantes d'un bien.

En général, l'inspection peut être effectuée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance.

II.6.2. La surveillance

Il s'agit d'une activité réalisée manuellement ou automatiquement pour observer l'état réel d'un bien.

La surveillance se distingue de l'inspection car elle permet d'évaluer l'évolution des paramètres du bien dans le temps.

II.6.3. La réparation

Il s'agit des actions physiques entreprises pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

II.6.4. Le dépannage

Il s'agit des actions physiques entreprises pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée, en attendant la réalisation de la réparation.

II.6.5. L'amélioration

L'amélioration désigne l'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion mises en place pour renforcer la fiabilité opérationnelle d'un bien sans altérer sa fonction requise.

II.6.6. La modification

La modification désigne l'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion mises en œuvre pour modifier la fonction d'un bien.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

II.6.7. La révision

La révision désigne un ensemble complet d'examens et d'actions effectués dans le but de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité d'un bien.

II.6.8. La reconstruction

La reconstruction correspond à une série d'actions entreprises après le démontage d'un bien, comprenant la réparation ou le remplacement des composants approchant de la fin de leur durée de vie utile et/ou devant être systématiquement remplacés. La différence entre la reconstruction et la révision réside dans le fait que la reconstruction peut inclure des modifications et/ou des améliorations. L'objectif principal de la reconstruction est généralement de prolonger la durée de vie d'un bien au-delà de celle de l'original. [9]

II.7. Les niveaux de maintenance

La norme AFNOR X 60011 propose une classification en 5 niveaux de maintenance, en fonction de la complexité des tâches à effectuer, des compétences du personnel et des ressources matérielles nécessaires pour accomplir ces tâches.

-**premier niveau** de maintenance correspond aux réglages simples prévus par le fabricant, qui peuvent être effectués en utilisant des composants accessibles sans démontage ou ouverture de l'équipement. Il peut également inclure le remplacement de certains éléments consommables en toute sécurité, tels que des indicateurs lumineux ou des fusibles spécifiques.

- **Le deuxième niveau** de maintenance comprend les dépannages réalisés par l'échange standard des éléments prévus à cet effet. Il peut également inclure des opérations mineures de maintenance préventive, telles que le graissage ou le contrôle du bon fonctionnement des composants.

- **Le troisième niveau** de maintenance comprend l'identification et le diagnostic des défauts, ainsi que les réparations qui sont effectuées par l'échange de composants ou d'éléments fonctionnels. Il comprend également les réparations mécaniques mineures et tous les entretiens préventifs courants, tels que le réglage général ou le réalignement des jauges.

-**Quatrième niveau** de maintenance englobe l'ensemble des travaux importants de maintenance corrective ou préventive, à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Il inclut également le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, ainsi que la possibilité de vérifier les étalons de travail par des organismes spécialisés.

-**Cinquième niveau** de maintenance comprend la rénovation, la reconstruction ou l'exécution des réparations importantes qui sont confiées à un atelier central ou à une unité extérieure spécialisée.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

Cela implique des travaux de grande envergure visant à restaurer ou à reconstruire le bien, souvent réalisés par des équipes spécialisées ou des services dédiés. [10]

II.8. les temps de la maintenance

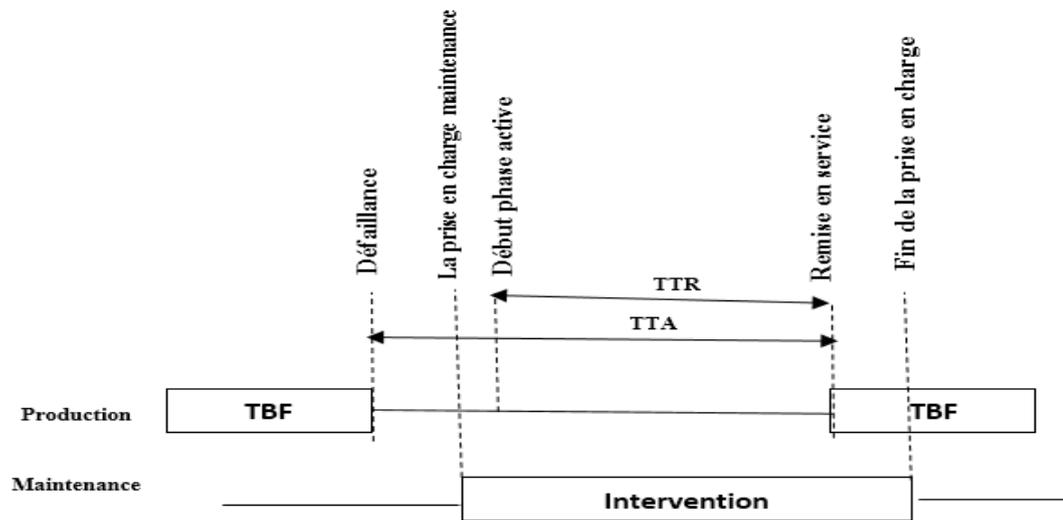


Figure II.2. temps caractéristiques lors d'une intervention [10]

II.8.1. la MTBF

Le MTBF (Mean Time Between Failures) est une mesure de la fiabilité d'un composant, d'un produit ou d'un équipement, représentant la durée moyenne de fonctionnement sans défaillance. Il est utilisé pour planifier la maintenance préventive et réduire les temps d'arrêt.

II.8.2. La MTTR

Le MTTR (Mean Time To Repair) est le temps moyen de réparation, mesurant la durée nécessaire pour restaurer un système défaillant à son fonctionnement normal. C'est une mesure de la capacité de réparation d'un composant ou d'un service.

II.8.3. La MTTA

Le TTA (moyenne des temps techniques d'arrêt) est une mesure qui évalue la durée moyenne des interruptions de fonctionnement causées par des raisons techniques dans un système de production. Il permet de distinguer les arrêts liés à des problèmes techniques des arrêts inhérents à la production elle-même. En surveillant le TTA, il est possible d'identifier les principales causes des arrêts techniques et de prendre des mesures pour les réduire.

II.9. Fiabilité, Maintenabilité Et Disponibilité (FMD) Du Système

II.10. Fiabilité

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

II.10.1. Définition de la fiabilité

La fiabilité, selon la norme AFNOR X60-500 , est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise pendant une durée donnée. Elle est mesurée par la probabilité de non-défaillance $R(t)$ sur l'intervalle $[0, t]$, en supposant qu'il n'y a pas de défaillance à l'instant initial $t=0$.

II.10.2. Différents types de fiabilité

II.10.2.1. Fiabilité prévisionnelle

La fiabilité future du système dépend de l'analyse et de la prise en compte de ses composants.

II.10.2.2. Fiabilité intrinsèque

La fiabilité d'un système ne peut pas dépasser la fiabilité intrinsèque de ses composants, sans modifier leur conception. [11]

II.10.2.3. Fiabilité opérationnelle

Est déterminée en étudiant des entités similaires qui fonctionnent dans des conditions opérationnelles similaires, en se basant sur l'expérience acquise lors de leur utilisation.

II.10.2.4. La fiabilité extrapolée

Estimations de fiabilité extrapolées ou interpolées basées sur la fiabilité opérationnelle existante, permettant de prédire la fiabilité d'un système dans des conditions ou des durées différentes. [11]

II.10.3. Les indicateurs de fiabilité

MTBF, qui est généralement exprimé en heures, est un bon indicateur de la fiabilité ou non d'un équipement. Cela peut évidemment être un facteur déterminant pour décider de remplacer ou non un équipement s'il est jugé trop court et provoque des arrêts fréquents, entraînant des pertes de productivité importantes.

MTTR, mesure le temps moyen requis pour réparer une défaillance ou une panne d'équipement. Une durée élevée peut indiquer la nécessité d'améliorer l'efficacité et la rapidité des opérations de maintenance.

DO, La préparation opérationnelle d'un système de production représente sa capacité à réparer efficacement, garantissant ainsi sa fonctionnalité et sa capacité à effectuer la tâche pour laquelle il a été conçu. Mesure l'efficacité de la maintenance du système.

L'indicateur λ , mesure la qualité en comparant le nombre de pièces conformes au nombre total de pièces produites. Une détection précoce des problèmes de qualité permet des interventions rapides pour maintenir la productivité.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

N, nombre de panne

II.10.3.1. Taux de défaillance instantané

Le taux de défaillance instantané, représenté par λ (lambda), mesure la probabilité de défaillance d'un produit dans des conditions données sur une période de temps donnée. Il représente la fréquence des défaillances aléatoires et est utilisé pour évaluer la fiabilité des équipements.

II.10.3.2. Temps moyen de bon fonctionnement

MTBF (Mean Time Between Failure) est la durée moyenne de fonctionnement d'un système avant qu'il ne subisse une défaillance. Cela représente l'espérance de vie du système et est calculé en divisant la durée totale de bon fonctionnement par le nombre de défaillances. Le MTBF est utilisé pour évaluer la fiabilité d'un système et planifier les activités de maintenance préventive. [12]

II.10.4. Les lois de fiabilité

Est une fonction mathématique qui représente la distribution des défaillances d'un système ou d'un composant au fil du temps. Elle permet de modéliser la probabilité de défaillance à différents moments et de prévoir la durée de vie d'un système.

Les lois de fiabilité sont utilisées dans l'analyse de la fiabilité des systèmes et dans la prise de décision en matière de maintenance et de gestion des risques. Elles fournissent une base statistique pour évaluer la performance et la durabilité des systèmes dans différents contextes.

II.10.4.1. Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité

Qui sont principalement de deux types :

Lois discrètes : Loi uniforme, Loi de Bernoulli, Loi binomiale, Loi binomiale négative, Loi géométrique, Loi hypergéométrique et Loi de Poisson.

Lois continues : Loi du Khi-deux, Loi de Birnbaum-Saunders, Loi gamma, Loi inverse gamma, Loi logistique, Loi log-logistique, Loi de Cauchy, Loi de Student, Loi bêta, Loi exponentielle, Loi de Fisher, Loi normale, Loi log-normale et Loi de Weibull.

II.10.4.2. Les lois usuelles de la fiabilité

Les lois usuelles de la fiabilité incluent la loi exponentielle, la fonction de fiabilité, la fonction de défaillance et la densité de probabilité. Elles sont utilisées pour modéliser la défaillance des systèmes et évaluer leur performance. [13]

II.10.5. Loi de Weibull

La loi de Weibull est une loi statistique largement utilisée en fiabilité, notamment dans le domaine mécanique. Elle offre une grande flexibilité et peut être ajustée à différents résultats expérimentaux. La loi de Weibull est caractérisée par trois paramètres : η , β et γ , qui permettent de modéliser avec précision le taux de défaillance $\lambda(t)$ sur une large plage. Cette loi est particulièrement adaptée à l'étude des défaillances et est largement utilisée pour évaluer la fiabilité des systèmes. [14]

II.10.5.1. Les différentes formules utilisées pour la distribution de Weibull

a) La densité de probabilité des défaillances

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.1})$$

$f(t)$ représente la probabilité d'une seule avarie au temps (t) selon la loi de Weibull. C'est une mesure utilisée pour évaluer la fiabilité d'un système en quantifiant la probabilité qu'une défaillance se produise à un moment précis.

b) La fonction de répartition

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.2})$$

$F(t)$ probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t

c) La fonction de fiabilité

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 1 - F(t) \quad (\text{II.3})$$

$R(t)$ est la probabilité de non-défaillance jusqu'au temps t , tandis que la fonction de réparation mesure la probabilité de défaillance jusqu'au temps t . [14]

II.10.5.2. Fonction de fiabilité $R(t)$

La fonction de fiabilité, représentée par $R(t)$, mesure la probabilité de bon fonctionnement d'un système à un instant donné t .

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.4})$$

La fonction de répartition, notée $F(t)$, représente la probabilité que le dispositif soit en panne à un instant donné t . Elle est exprimée par :

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.5})$$

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

Le taux de défaillance instantané, noté $\lambda(t)$, est un indicateur estimé de la fiabilité du dispositif, exprimant la densité de probabilité de défaillance à un instant donné.

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (\text{II.6})$$

Remarque si

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 0 \\ \beta = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{\text{MTBF}} \quad (\text{II.7})$$

loi de densité de probabilité $f(t)$

$$f(t) = \lambda(t) \times R(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-\gamma} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)} \quad (\text{II.8})$$

Le paramètre β (coefficient de forme) a une influence significative sur la courbe théorique de distribution, comme illustré dans la Figure II.3.

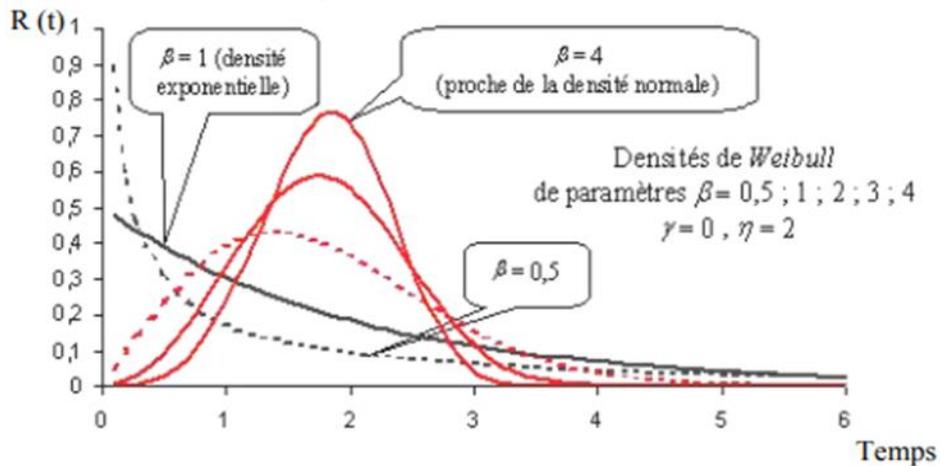


Figure II.3. courbe théorique de distribution est montrée [15]

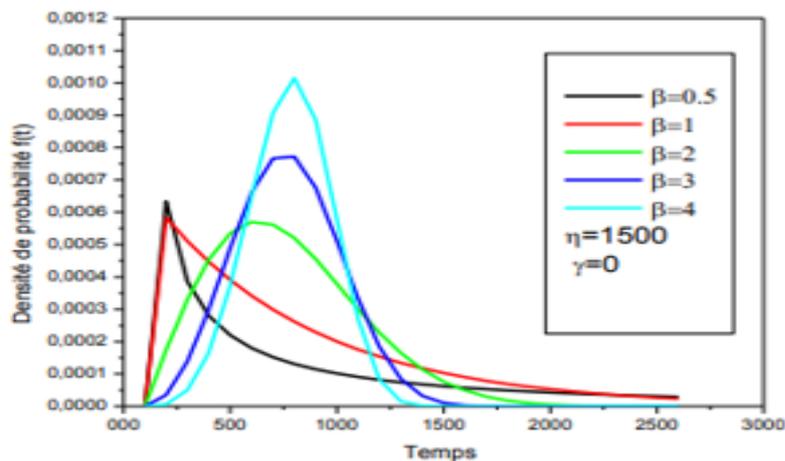


Figure II.4. courbes théoriques de Weibull [15]

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

Lorsque la variable aléatoire t , correspondant au temps de bon fonctionnement, suit la loi de Weibull de paramètres γ , β et η , les conditions suivantes doivent être satisfaites :

$t > \gamma$: Le temps de bon fonctionnement doit être supérieur au paramètre de position γ .

$\beta > 0$: Le paramètre de forme β doit être strictement positif.

$\eta > 0$: Le paramètre d'échelle η doit être strictement positif.

Ces conditions garantissent que la distribution de Weibull est valide et appropriée pour modéliser le temps de bon fonctionnement. Le paramètre β , étant le paramètre de forme, joue un rôle crucial dans la forme de la distribution. Les autres paramètres, γ et η , ajustent la position et l'échelle de la distribution en fonction des données observées.

II.10.5.3. Estimation des paramètres de la loi de weibull

L'estimation des paramètres (β , η , γ) de la loi de Weibull est un problème essentiel dans l'analyse de la fiabilité.

- 1) Calcul des temps de bon fonctionnement : déterminer la durée de fonctionnement sans défaillance.
- 2) Classement des temps de bon fonctionnement : trier les temps de bon fonctionnement par ordre croissant.
- 3) N = nombre de temps de bon fonctionnement : quantité totale de temps de bon fonctionnement enregistrés.
- 4) Recherche des données $F(i)$: probabilité de panne associée à chaque temps de bon fonctionnement.

On a 3 cas différents

Si $N > 50$, les Temps de bon fonctionnement peuvent être regroupés en classes avec la fréquence cumulée.

$$F(t) = \frac{N_i}{N} = \frac{\sum R_i}{N} \approx F(t) \quad (\text{II.9})$$

Si $20 < N < 50$, on peut approximer les rangs moyens en attribuant un rang " N_i " à chaque défaillance.

$$F(i) = \frac{N_i}{N+1} \approx F(t) \quad (\text{II.10})$$

Si $N < 20$, on peut approximer les rangs médians en attribuant un rang " N_i " à chaque défaillance.

$$F(i) = \frac{N_i - 0,3}{N + 0,4} \approx F(t) \quad (\text{II.11})$$

II.10.6. Fiabilité de système

La fiabilité d'un système dépend de la fiabilité de ses composants. Pour les systèmes électroniques, la fiabilité est calculée en fonction de la fiabilité de chaque composant, tandis que pour les systèmes mécaniques, seuls quelques composants critiques sont pris en compte. Les taux de défaillance des composants peuvent être obtenus à partir de bases de données, d'essais ou de données d'exploitation. L'hypothèse courante est que les taux de défaillance sont constants dans le temps. La fiabilité des systèmes mécaniques est plus complexe en raison de la structure du système. [15]

II.10.7. Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de

- ✓ Mesurer une garantie dans le temps
- ✓ Evaluer rigoureusement un degré de confiance
- ✓ Déchiffrer une durée de vie
- ✓ Evaluer avec précision un temps de fonctionnement
- ✓ Déterminer la stratégie de l'entretien
- ✓ Choisir le stock

II.11. Maintenabilité

Les défaillances étant par définition subies sans que l'on puisse prévoir leur instant d'apparition, il importe à tout responsable d'une installation industrielle de faire face rapidement aux conséquences d'une défaillance.

La compréhension des termes utilisés en maintenabilité rend nécessaire l'établissement d'un diagramme chronologique des temps entre l'instant de l'apparition de la défaillance et l'instant de la remise en service de l'installation. Le diagramme de la (figure II.5) résume tous les instants importants de cette chronologie.

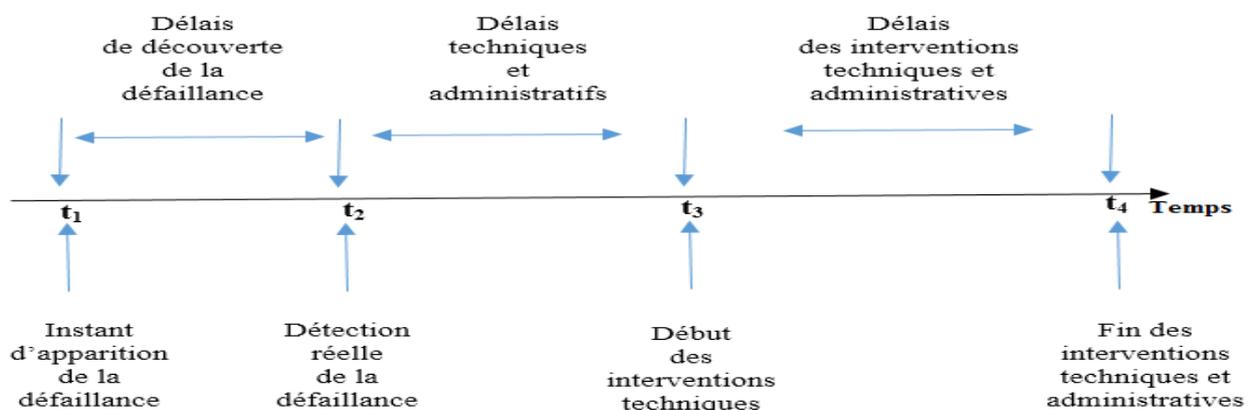


Figure II.5. chronologie des temps des activités de maintenance[15]

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

II.11.1. Définition de la maintenabilité

La maintenabilité (AFNOR X-06-010) « Aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il puisse accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions d'utilisation données avec des moyens et procédures prescrits »

La Maintenabilité d'une entité réparable est caractérisée par une probabilité $M(t)$ que la maintenance d'une entité E est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits, soit achevée au temps t , Sachant que E est défaillance au temps $t=0$

$M(t) = P$ (la maintenance de E est achevée au temps (t)).

$M(t) = 1 - P$ (E non réparée sur la durée $[0.t]$ [16])

Et on peut aussi calculer la Maintenabilité par la formule suivante

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{II.12})$$

II.11.2. Différents types de la maintenabilité

II.11.2.1. La maintenabilité intrinsèque

Elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.)

II.11.2.2. La maintenabilité prévisionnelle

Elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité

II.11.2.3. La maintenabilité opérationnelle

Elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité).

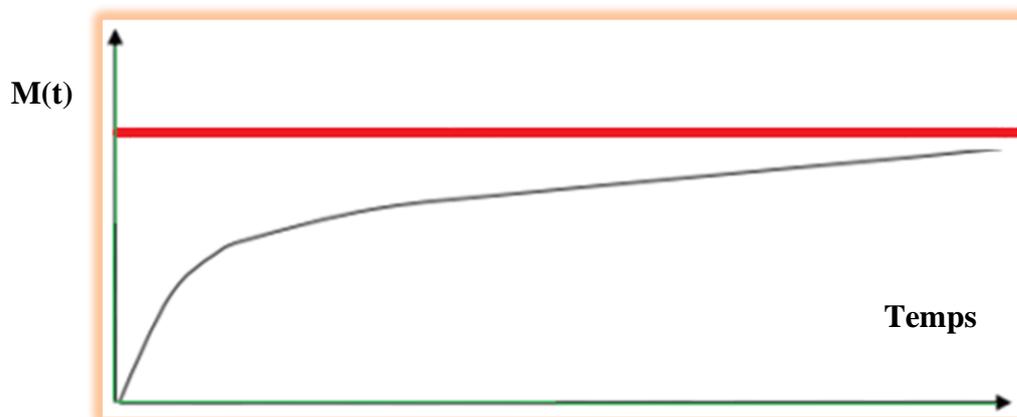


Figure.II.6. représente l'allure de la courbe de Maintenabilité.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

II.11.3. Temps Techniques de Réparation TTR

Le TTR d'une intervention se compose en général de la somme des temps suivants

- Temps de vérification de la réalité de la défaillance (quelquefois, il y a de fausses alarmes)
- Temps de diagnostic.
- Temps d'accès à l'organe défaillant (déposes ou bien démontages).
- Temps de remplacement ou de réparation.
- Temps de réassemblage.
- Temps de contrôle et d'essais. Les temps « morts » suivants sont à éliminer du TTR
- Temps d'attente pour indisponibilité des techniciens, des outils ou des pièces de rechange
- Arrêts de travail, etc

Si les temps « morts » sont supérieurs ou égaux au TTR, une remise en cause de l'organisation et de la gestion de la maintenance est indispensable.[17]

II.11.4. Utilisation mathématique de la maintenabilité

Comme nous l'avons signalé précédemment que la maintenabilité se caractérise par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore sa moyenne de temps techniques de réparation. La figure ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable

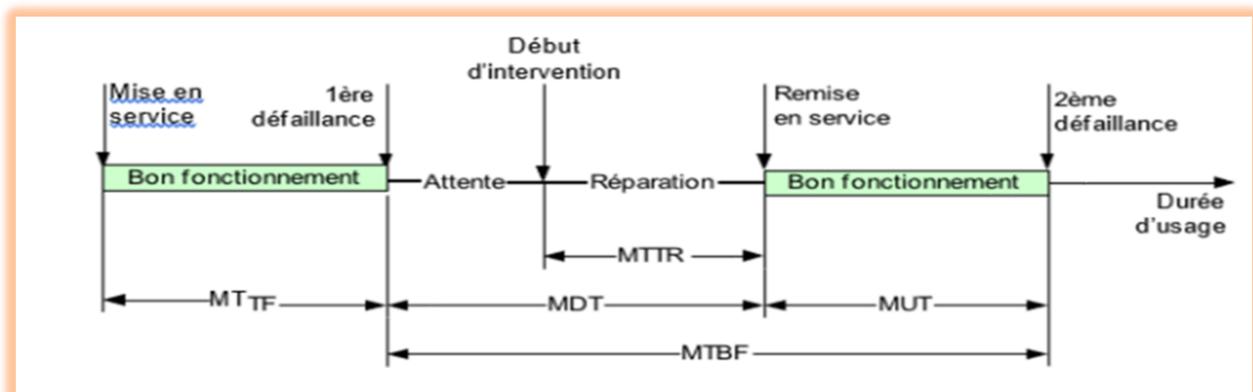


Figure II.7. états successifs d'un système réparable [15]

II.12. Disponibilité

II.12.1. Définition de disponibilité

Selon la norme AFNOR X60 - 500, la disponibilité peut être définie comme la capacité d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, en tenant compte de la fiabilité, de la maintenabilité et de l'organisation de la maintenance. [18]

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

II.12.2. Disponibilité des différents formulaires

II.12.2.1. Disponibilité intrinsèque

La disponibilité est évaluée en considérant les temps moyens de bon fonctionnement et de réparation, permettant ainsi de quantifier la capacité d'une entité à être opérationnelle dans un certain laps de temps.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{II.13})$$

Le **MTBF** (Mean Time Between Failures) est la durée moyenne de bon fonctionnement d'une entité avant qu'elle ne tombe en panne.

M.T.T.R moyenne des temps d'immobilisation pour intervention de maintenance (mean time to repair).

II.12.2.2. Disponibilité instantanée

La disponibilité instantanée d'un système avec un taux de défaillance constant (λ) et un taux de réparation constant (μ) peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$D_{(t)} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} : t \geq 0$$

$$\lambda = 1 / \text{M.T.B.F (1/h)} \quad (\text{II.14})$$

Et :

$$\mu = 1 / \text{M.T.T.R (1/h)}$$

II.12.2.3. Disponibilité opérationnelle

La disponibilité opérationnelle se caractérise par le MTL (le moyen temps de logistique).

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL} \quad (\text{II.15})$$

Avec

$$\text{MTL} = \frac{\sum \text{des temps logistiques}}{\sum \text{interventions}} \quad (\text{II.16})$$

II.13. Présentation de la méthode AMDEC

II.13.1. Définition de l'AMDEC AFNOR (Norme X-510)

L'AMDEC est une approche préventive qui vise à identifier et à évaluer les risques de défaillance afin de mettre en place des actions correctives ou préventives appropriées.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

Elle implique généralement une équipe multidisciplinaire qui examine chaque composant du système, identifie les modes de défaillance possibles, évalue leurs conséquences et leur probabilité d'occurrence, et attribue une criticité en fonction de leur impact.

II.13.2. Historique et domaines d'application

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode développée par l'armée américaine en 1949 pour évaluer la fiabilité des instruments et des systèmes. Elle consiste à recenser les modes de défaillance, leurs effets et leur criticité, en classant les défauts en fonction de leur impact sur le personnel et la réussite des missions. L'AMDEC a été adaptée dans les années 1960 pour l'étude de fiabilité des missions spatiales et a été largement utilisée par des entreprises telles que Mc Donnell Douglas, la NASA et l'industrie automobile.

La méthode de l'AMDEC s'est avérée efficace dans de nombreux secteurs industriels tels que l'aérospatiale, l'armement, la mécanique, l'électronique, l'électrotechnique, l'automobile, le nucléaire, la chimie et l'informatique. Elle permet d'anticiper les problèmes et de rechercher des solutions préventives, contribuant ainsi à la qualité totale. L'AMDEC peut être utilisée en combinaison avec d'autres outils de qualité pour augmenter son efficacité. [19]

II.13.3. Objectifs de l'AMDEC

Les cibles intermédiaires pour l'AMDEC comprennent

- ✓ Évaluer et assurer la fiabilité opérationnelle des équipements
- ✓ Analyser, réduire et prévenir les dysfonctionnements
- ✓ Optimisation de la fabrication, de l'assemblage et de l'installation
- ✓ Améliorer la maintenance préventive et l'assistance au diagnostic
- ✓ Méthodes et procédures de détection précises pour chaque modèle de défaillance et détermination de l'importance ou de la gravité de chaque modèle
- ✓ Régulez les schémas de défaillance et améliorez la sécurité.

L'objectif principal de l'AMDEC est d'obtenir la disponibilité maximale du système étudié.

II.13.4. Les types de l'AMDEC

Il existe plusieurs types d'AMDEC, parmi lesquels on peut citer :

II.13.4.1. AMDEC Produit

L'AMDEC est une méthode d'analyse des défaillances d'un produit, de sa conception à son utilisation, visant à améliorer sa qualité et sa fiabilité. Elle permet d'identifier les défauts potentiels et leurs causes, en se focalisant sur la phase de conception ou sur les composants du produit.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisés (FMD/ AMDEC)

Une évaluation exhaustive des défaillances permet ensuite de mettre en place des actions correctives et préventives, en accordant la priorité aux problèmes les plus critiques. L'objectif principal est d'améliorer la qualité, la fiabilité et la satisfaction des utilisateurs.

II.13.4.2. AMDEC processus

Est une méthode d'analyse des défaillances dans les méthodes de production et les procédures associées. Son objectif est d'évaluer la criticité des défaillances potentielles et de valider la gamme de contrôle d'un produit. Elle vise à identifier les situations susceptibles de conduire à un produit défectueux dans le processus de fabrication. Son application améliore la qualité et la fiabilité de la production.

II.13.4.3. AMDEC organisation

Est une méthode d'analyse des défaillances appliquée à différents niveaux du processus d'affaires. Elle englobe des aspects tels que la gestion, l'information, la production, le personnel, le marketing et la finance. Cette méthode permet d'identifier les défaillances potentielles et de prendre des mesures préventives pour assurer le bon fonctionnement de l'organisation à tous les niveaux.

II.13.4.4. AMDEC Moyen de production

Est une méthode d'analyse des défaillances spécifiquement appliquée aux équipements de production. Elle vise à identifier les pannes et à optimiser la maintenance pour maximiser la productivité de l'entreprise. L'analyse est réalisée dès la conception du moyen de production, en recensant et en analysant les risques potentiels de défaillance qui pourraient affecter les performances globales du dispositif de production. Cette analyse est basée sur les plans ou les prototypes du moyen de production.

II.13.4.5. AMDEC service

Est utilisé pour s'assurer que la valeur ajoutée dans le service répond aux attentes des clients et que le processus de prestation de service ne mène pas à l'échec.

II.13.4.6. AMDEC sécurité

L'AMDEC sécurité vise à améliorer la sécurité et la fiabilité en identifiant et en réduisant les risques liés à l'utilisation d'un équipement. Elle consiste à analyser les défaillances et les risques potentiels afin de prendre des mesures préventives appropriées. Son objectif principal est d'assurer un environnement de travail sûr pour les utilisateurs et de minimiser les incidents ou accidents liés à l'équipement. [20]

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

II.13.5. Avantages et inconvénients de l'AMDEC

II. 13.5.1. Avantages de la méthode AMDEC

L'AMDEC est une méthode qui vise à maîtriser les risques en prenant des actions préventives pour résoudre les problèmes avant qu'ils ne surviennent.

- ✓ Elle permet d'identifier les faiblesses du système.
- ✓ De proposer des solutions.
- ✓ De spécifier des méthodes pour éviter les échecs.
- ✓ Classer les défauts selon des critères spécifiques.

En appliquant l'AMDEC tout au long du cycle de vie du produit, on améliore la production en éliminant les problèmes majeurs et en réduisant les coûts inutiles. Bien que l'élimination totale des défaillances ne soit pas toujours possible, l'AMDEC vise à diminuer leur impact. Ainsi, cette méthode permet d'améliorer la qualité du processus et du produit final.

II.13.5.2. Inconvénients de la méthode AMDEC

La méthode AMDEC, bien qu'efficace dans l'analyse de la qualité du système, présente plusieurs inconvénients. Premièrement, si les tolérances de conception du produit ne sont pas respectées lors de la fabrication, cela peut entraîner des :

- ✓ Augmentation du taux d'échec.
- ✓ Des défauts tels que le démontage des produits pour réparation peuvent survenir
- ✓ Dommages possibles lors de la réparation et coûts associés et perte de temps.
- ✓ Elle nécessite une connaissance approfondie du sujet étudié et l'organisation de séances de brainstorming
- ✓ Cela demande un travail important et fastidieux.

De plus, cette méthode n'est pas adaptée aux projets en temps réel. Bref, malgré sa puissance, l'AMDEC peut être considérée comme lourde à mettre en œuvre du fait de ces inconvénients.

II.13.6. Les aspects de la méthode AMDEC

L'étude AMDEC comporte deux aspects distincts : un aspect quantitatif et un aspect qualitatif. Ces deux aspects sont abordés en suivant les étapes suivantes :

II.13.6.1. L'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une étape essentielle de l'étude AMDEC. Elle consiste à décomposer et analyser les fonctions d'un système, à la fois sur le plan externe et interne. L'objectif est de déterminer de manière approfondie les principales fonctions d'un produit, d'établir un schéma

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

détaillé du processus et de planifier la surveillance. Cette étape permet de mieux comprendre le fonctionnement du système et de mettre en place des mesures de contrôle appropriées.

II.13.6.2. L'identification du niveau de l'étude

Consiste à déterminer les causes du problème et à établir un plan d'action. Elle est préparée et définie par l'animateur de l'étude.

L'animateur : joue un rôle essentiel dans la méthode AMDEC. Bien qu'il ne soit pas nécessairement un spécialiste du domaine, il doit avoir une bonne connaissance du vocabulaire professionnel. Son rôle principal est de guider et de faciliter le déroulement de la procédure AMDEC, ainsi que de coordonner le travail en groupe.

Le chef de groupe : est un spécialiste du domaine qui dirige l'analyse. Il recueille les évaluations et résout les conflits, tandis que les parties prenantes concernées participent activement aux étapes suivantes.

II.13.6.3. L'étude qualitative

Consiste à déterminer les modes de défaillance, à identifier leurs effets, à analyser les causes potentielles et les causes les plus probables des défaillances.

Un mode de défaillance représente la manière dont un système peut dysfonctionner ou échouer dans l'accomplissement de sa fonction principale. Cette étape vise à répondre à la question "Qu'est-ce qui peut arriver au système ?" Chaque mode de défaillance a un effet et une cause, indépendamment du type d'AMDEC utilisé.

Effet, est d'identifier les conséquences potentielles pour le client, telles que les inconvénients, les coûts ou les pannes, afin de prendre des mesures préventives appropriées.

Cause, les modes de défaillance sont causés par plusieurs facteurs, qui à leur tour peuvent être divisés en sous-facteurs. Il est essentiel de définir l'arbre de défaillance jusqu'à la raison pour laquelle l'entreprise doit agir.

II.13.6.4. L'étude quantitative

L'étude quantitative de l'AMDEC vise à quantifier l'impact des défaillances sur le système ou le sous-système. Pour cela, plusieurs critères d'analyse ont été définis :

La fréquence d'apparition : Il s'agit de la probabilité que la cause existe et qu'elle entraîne une défaillance.

La gravité : C'est l'évaluation de l'effet de non-qualité ressenti par le client.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

La détection : Il s'agit de la probabilité de détecter ou d'arrêter un mode potentiel de défaillance à travers des contrôles, des mesures, des calculs, des procédures et la formation du personnel.

II.13.6.5. La hiérarchisation par criticité

La hiérarchisation par criticité ($C = G \times F \times D$) classe les modes de défaillance selon leur importance et guide les actions prioritaires pour les traiter. Elle est représentée par un histogramme avec un seuil de criticité déterminé par le groupe de travail. Cette approche permet de prendre des décisions préventives efficaces pour réduire les risques.

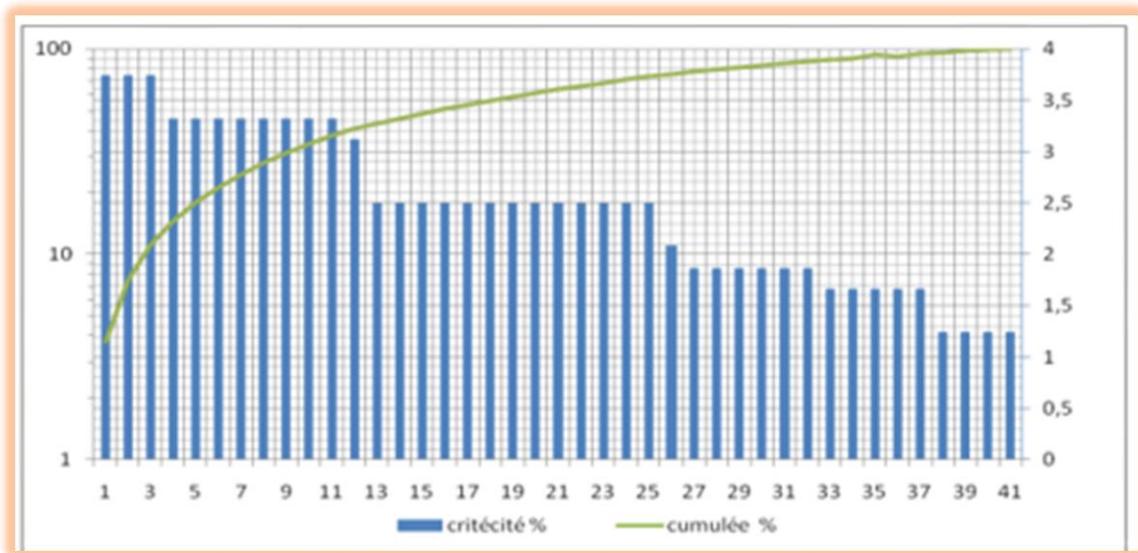


Figure II.8. histogramme de hiérarchisation de la criticité [21]

II.13.6.6. La recherche des actions préventives et correctives

La recherche des actions préventives et correctives intervient après le classement des modes de défaillance en fonction de leur criticité. Un responsable est désigné pour mener cette recherche. L'utilisation d'outils tels que le diagramme de causes à effet, l'analyse de Pareto et le brainstorming est recommandée pour une recherche efficace. L'objectif du groupe de travail est de réduire l'indice de criticité en prenant des mesures visant à

- ✓ Réduire la probabilité d'occurrence,
- ✓ Réduire la probabilité et la gravité des effets d'une défaillance
- ✓ Réduire la possibilité de non détecté.

II.13.6.7. La réévaluation de la criticité : est une étape où l'on évalue l'impact et l'efficacité des actions entreprises. On revoit les critères de criticité pour les modes de défaillance traités afin de vérifier si les actions ont réduit la criticité et amélioré la fiabilité et la sécurité du système. Cette étape permet d'ajuster les actions en fonction des résultats obtenus pour une amélioration continue.

Chapitre II : La maintenance et leur méthodes utilisé (FMD/ AMDEC)

II.13.6.8. La présentation des résultats : se fait à l'aide d'un tableau spécialement conçu pour le système étudié. Ce tableau est préparé en fonction des objectifs de l'analyse. Il permet de synthétiser les informations concernant les modes de défaillance, leurs causes, leurs effets, les actions préventives et correctives mises en place, ainsi que les évaluations de criticité. Ce tableau est un outil essentiel pour communiquer les résultats de l'AMDEC et faciliter la prise de décision. [21]

II.13.7. Les étapes de la méthode AMDEC

Il Comprend les cinq étapes suivantes :

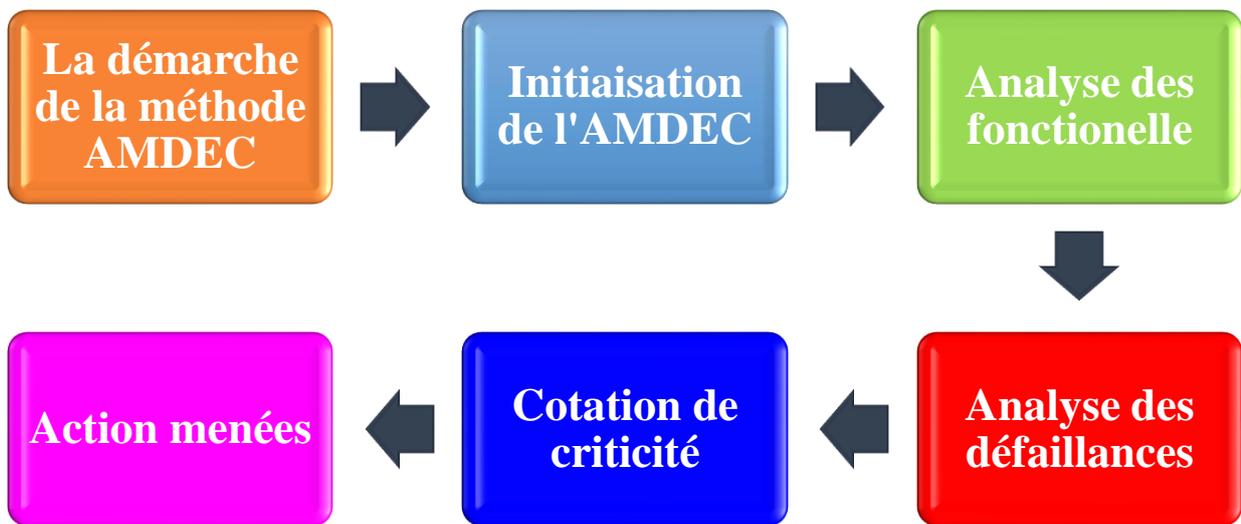


Figure II.9. la démarche AMDEC.

II.14. Conclusion

Dans cette section, nous avons examiné le système de gestion de la maintenance dans ses aspects préventifs et correctifs, en mettant l'accent sur leur importance au sein de l'entreprise. De plus, nous avons étudié en détail l'approche AMDEC et FMD, qui permet de sélectionner les meilleures stratégies pour réduire les temps d'arrêt et l'indisponibilité.

Nous avons également souligné l'optimisation de la maintenance préventive et prédictive, ainsi que l'amélioration de la fiabilité tout au long du cycle de vie du produit, et la réduction des déchets et des opérations non essentielles.

Chapitre III Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.1. Introduction

Le processus de fabrication par usinage consiste à réduire progressivement les dimensions d'une pièce en enlevant de la matière de manière précise et sans déformation, afin d'obtenir la forme souhaitée. Différents procédés tels que le moulage, l'assemblage, le formage (laminage, forgeage, estampage, etc.) ou l'usinage (coupe des métaux) peuvent être utilisés, en utilisant un outil de coupe.

Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé grâce à deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe (vitesse de coupe) et le mouvement d'avance (vitesse d'avance).



Figure.III.1. atelier l'usinage de l'Enterprise ALFA PIPE GHARDAIA

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.2. Procédés d'usinage

Le processus de fabrication débute avec une matière première, et le traitement est effectué dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision requises conformément au dessin de définition établi par le concepteur. Cela implique l'élimination de l'excès de matière, appelé surépaisseur, jusqu'à ce que la pièce soit conforme au plan détaillé et aux exigences techniques du bureau d'études, en utilisant les outils et machines appropriés. Les procédés d'usinage sont divers, parmi les plus courants figurent le tournage, le fraisage, le perçage, le rabotage, etc.. [22]

III.3. Le But de L'usinage

Est de modifier la forme, les dimensions et la surface des matériaux afin de répondre à des exigences spécifiques. Les pièces sont usinées pour obtenir un ajustement précis avec d'autres pièces, améliorer la finition de surface, éliminer les bords ou les zones endommagées. Les machines sont utilisées pour fabriquer des pièces complexes ou présentant des tolérances très strictes. Les processus d'usinage peuvent être manuels ou automatisés et peuvent être appliqués à différents matériaux tels que les métaux, les plastiques, la céramique et les composites.

III.4. Phénomène de coupe

III.4.1. Fraisage

Le fraisage est un procédé de fabrication qui consiste à enlever de la matière sous forme de copeaux en combinant la rotation de l'outil de coupe avec l'avance de la pièce à usiner. Il utilise une machine-outil appelée fraiseuse et un outil de coupe spécial appelé fraise, qui peut avoir plusieurs arêtes. Le fraisage permet également de réaliser des formes complexes, notamment grâce à l'utilisation de commandes numériques. Il existe différents types de fraiseuses adaptées à différentes applications :

- Fraiseuse horizontale.
- Fraiseuse verticale.
- Fraiseuse universelle.
- Fraiseuse d'établi.
- Fraiseuse à double montant.
- Fraiseuse duplex.
- Fraiseuse multibroches.
- Fraiseuse à Commande Numérique.

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage



Figure.III.2. Fraiseuse horizontale et verticale

III.4.2. Perçage

Le perçage est un procédé de fabrication courant qui consiste à réaliser des trous dans une pièce à l'aide d'une machine spécifique appelée perceuse. Ce trou peut traverser ou non la pièce. Ce trou peut être réalisé à la perceuse, à la découpe au perforateur (trous débouchant), à l'électro corrosion, au laser, au poinçonnage, etc. Ce trou peut servir au passage d'une pièce ou d'un liquide, et peut être lisse ou bouché pour recevoir un rivet ou une vis d'assemblage. [23]

Il existe différents types des Perçage

- Perceuses sensibles.
- Perceuses portatives.
- Perceuses à colonne
- Perceuses à montant
- Perceuses multibroches
- Perceuses à broches multiples
- Perceuses radiales
- Perceuses horizontales
- Perceuses à commande numérique (CNC)



Figure.III.3. Perceuse

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.3. Rectifieuses

Les rectifieuses sont utilisées pour corriger les déformations et améliorer les dimensions des pièces après des traitements thermiques. Elles permettent d'obtenir des surfaces finies de haute qualité et des tolérances précises. Les rectifieuses peuvent rectifier des surfaces planes, cylindriques, coniques et de forme complexe, comme les dents d'engrenages et les filetages. Elles utilisent des meules abrasives pour enlever les imperfections et les écarts de dimension, assurant ainsi une finition de surface et une précision dimensionnelle élevées. La rectification est essentielle pour obtenir des pièces conformes aux spécifications requises.[24]

Dans un atelier de rectification, plusieurs types de rectifieuses sont utilisés pour des applications spécifiques. Parmi eux :

- Rectifieuse cylindrique
- Rectifieuse plane
- Rectifieuse sans centre
- Machine de super finition
- Affûteuse



Figure.III.4. Rectifieuses planes et cylindriques.

III.4.4. Rabotage

Le rabotage est un procédé de fabrication qui peut être utilisé pour augmenter la planéité d'une surface ou pour réduire l'épaisseur d'une pièce. Il enlève de la matière sur toute la surface d'une pièce grâce à l'action uniforme et progressive de l'outil.

Les petites pièces détachées sont usinées sur des machines appelées étaux de lime.

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage



Figure. III.5. Raboteuse

III.4.5. Mortaisage

La mortaiseuse est une machine-outil utilisée pour l'usinage du bois ou des métaux. Elle est spécialement conçue pour réaliser des mortaises ou des rainures de clavette. Le mortaisage est une opération d'usinage qui consiste à enlever de la matière pour créer des cavités ou des rainures à l'intérieur d'une pièce. Contrairement au rabotage, le mouvement de l'outil se fait verticalement. Cette technique d'usinage est principalement utilisée pour travailler les surfaces intérieures des pièces. La mortaiseuse permet d'obtenir des résultats précis et de qualité dans la réalisation de mortaises.



Figure. III.6. Mortaiseuse

II.4.6 Tournage

III.4.6.1 Définition de tournage

Le tournage est un processus automatisé de fabrication mécanique qui consiste à enlever de la matière d'une pièce cylindrique initiale à l'aide d'outils de coupe à un seul tranchant. Cela permet d'obtenir une pièce finie avec la forme et les dimensions souhaitées. Le tournage est largement utilisé dans l'industrie pour produire diverses pièces cylindriques telles que les arbres, les vis et les axes. Il garantit des résultats précis et de haute qualité, répondant aux spécifications requises.

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage



Figure. III.7. Tour (S400)

III.4.6.2 Principe du tournage

Pendant le processus de tournage, la pièce est entraînée dans un mouvement circulaire uniforme (M_c) et est généralement maintenue par un mandrin. Puis l'outil de coupe se déplace selon deux directions perpendiculaires appartenant à un plan parallèle à l'axe de la broche. Le mouvement de la première translation est parallèle à l'axe de la broche, tandis que le mouvement de la deuxième translation est perpendiculaire à l'axe de la broche (M_a). [25]

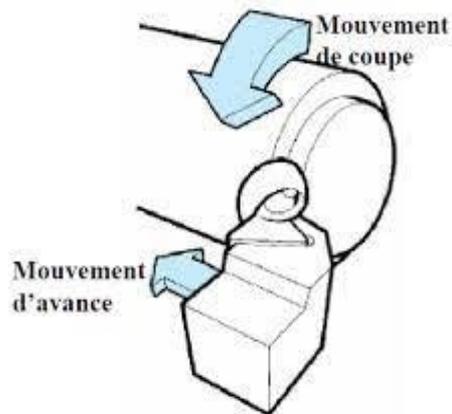
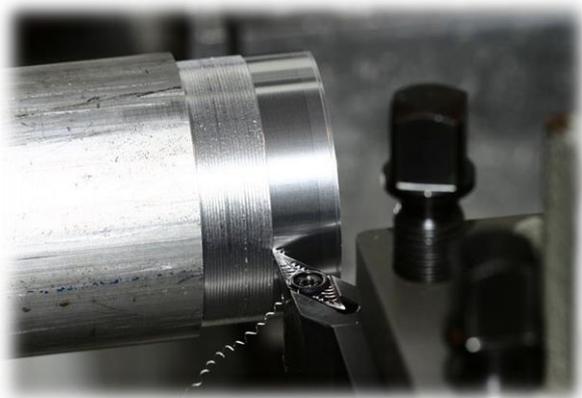


Figure. III.8. Principe du tournage [25]

III.4.6.3. Différent types des tournages

Les machines-outils les plus couramment utilisées sur les tours sont les suivantes :

III.4.6.3.1. Les tours parallèles à charioter et à fileter

Utilisées pour des travaux unitaires ou des petites et moyennes séries sur des pièces simples. Ces tours ont une flexibilité limitée et ne permettent que l'usinage de surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche. Ils sont principalement utilisés pour le chariotage et le filetage de pièces.[26]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage



Figure. III.9. Tours parallèles à charioter et à fileter (S250)

Organes d'un tour parallèle

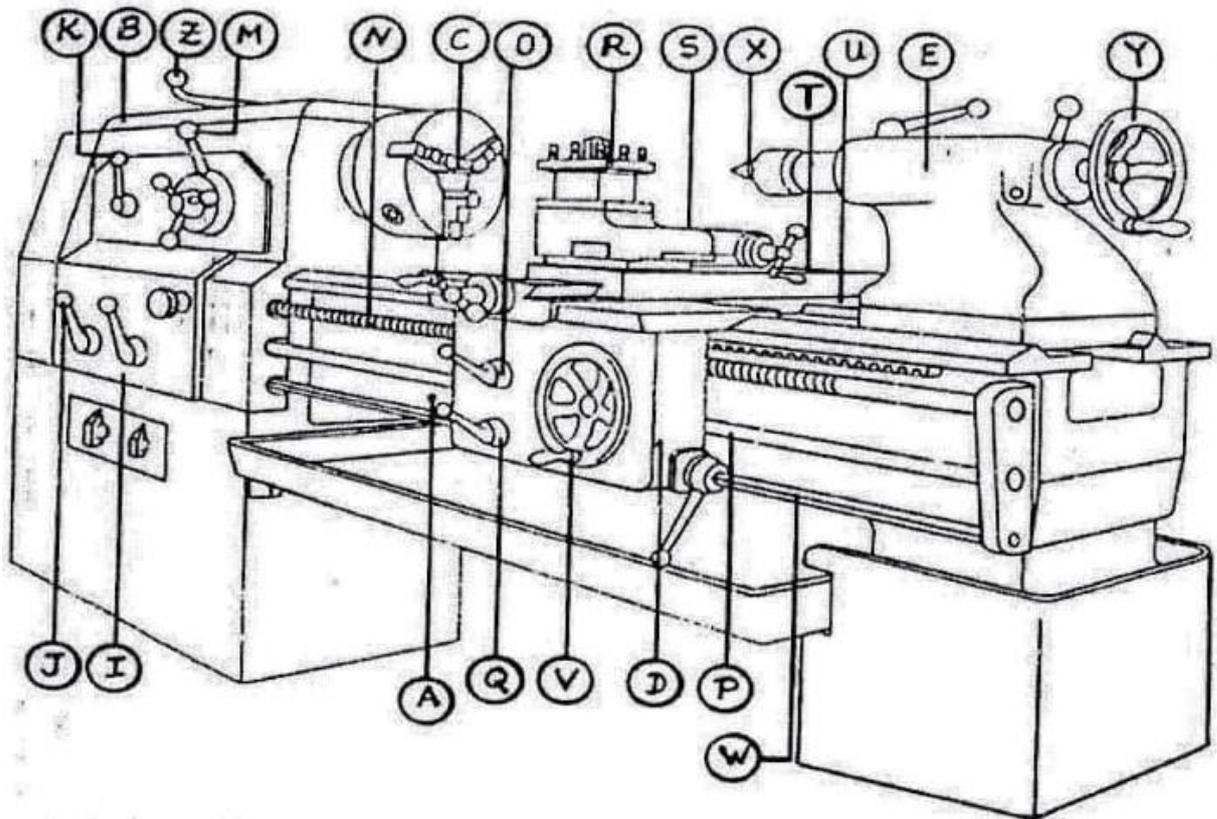


Figure III.10. Constitution d'un tour parallèle [26]

Tableau III. 1 Organes d'un tour parallèle

A	Bâti	N	Barre de filetage
B	Poupée fixe	O	Levier d'embrayage pour filetage
C	Arbre (mandrin)	P	Barre de chariotage
D	Chariot principal	Q	Levier d'embrayage pour chariotage
E	Poupée mobile	R	Porte outils

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

F	Moteur	S	Chariot supérieur
G	Poulie	T	Chariot transversal
H	Courroie trapézoïdale	U	Chariot principal inférieur
I	Boite des avances	V	Manette de commande du chariot
J	Levier de changement des avances	W	Barre d'embrayage
K	Levier inverseur des avances	X	Pointe « contre pointe »
L	Train d'engrenages	Y	Manette de commande de la contre pointe
M	Levier de changement des vitesses d'arbre	Z	Levier de commande général et embrayage

III.4.6.3.2. Les tours à copier

Il permet d'usiner des pièces profilées simples ou complexes à l'aide d'un porte-outil guidé automatiquement par un système de copiage hydraulique. Ce système contrôle le mouvement du coulisseau transversal pour reproduire le profil souhaité. Les tours à copier sont très flexibles et conviennent aux petits et grands travaux par lots.

III.4.6.3.3. Les tours semi-automatiques

Qui permettent de réaliser des opérations de tournage de manière semi-automatique. Elles peuvent fonctionner en mode automatique ou être utilisées manuellement. Un exemple de tour semi-automatique est le tour parallélépipédique à tourelle hexagonale indexable, équipé de 6 butées d'outils. Ces butées peuvent être déplacées longitudinalement de manière contrôlée pour exécuter différentes opérations de tournage.[26]

Le tour tourne des pièces qui ne peuvent pas être tournées sur d'autres tours. Ce dispositif est utilisé lors de tâches en série et permet d'installer plusieurs outils simultanément dans un ordre précis.

III.4.6.3.4. Les tours automatiques

Permet d'usiner des pièces en fonction de la configuration, sans aucune intervention de l'opérateur. Les mouvements sont automatiquement acquis par des caméras qui donnent l'avance et la course de chaque outil. Ces machines n'ont aucune flexibilité. Il convient aux très grandes séries.[26]

III.4.6.3.5. Les tours automatiques multibroches

Le tour automatique multibroche permet la production simultanée de plusieurs pièces. Il se compose de huit axes avec un outil pour chaque broche, réalisant des opérations différentes. Les broches se déplacent d'un huitième de tour pour positionner la pièce devant l'outil suivant. Lorsque

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

les broches ont effectué un cycle complet, la pièce est terminée. Ce type de tour convient aux grandes séries avec des pièces de petites dimensions en raison de l'espacement entre les broches. [26]

III.4.6.3.6. Les tours à commande numérique

Le tour à commande numérique (CNC) est équipé d'un magasin d'outils et d'une commande informatisée qui contrôle la machine. Il utilise un système de chargement manuel des pièces et fonctionne selon un processus de copiage, où la trajectoire de l'outil est déterminée par le mouvement simultané de deux axes, programmés à l'aide d'un ordinateur. Ces machines offrent une grande flexibilité et sont particulièrement adaptées aux petits travaux répétitifs, qu'ils soient réalisés individuellement ou en série. [26]

III.4.6.4. Différentes opérations de tournage

III.4.6.4.1. Chariotage

Le chariotage est une opération de tournage où l'outil se déplace dans une direction rectiligne parallèle à l'axe de rotation de la pièce pour usiner une surface cylindrique ou conique extérieure. [26]

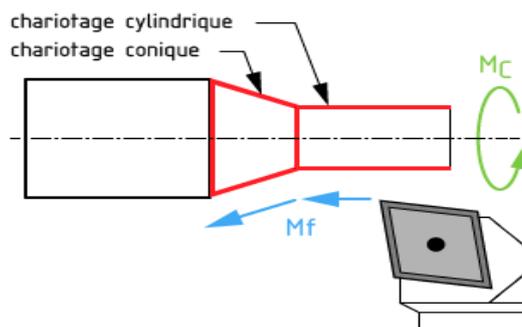


Figure. III.11. Le chariotage cylindrique et conique [26]

III.4.6.4.2. Alésage

L'alésage est une opération d'usinage qui permet d'obtenir une surface cylindrique ou conique de haute qualité à l'intérieur d'une pièce. Il est généralement réalisé après le perçage d'un trou pour élargir son diamètre ou obtenir des dimensions plus précises. [26]

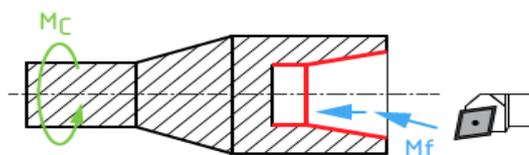


Figure. III.12. L'alésage cylindrique et conique [26]

III.4.6.4.3. Dressage

Le dressage est une opération d'usinage qui consiste à créer une surface plane, que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur d'une pièce, qui est perpendiculaire à l'axe de la broche. [26]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

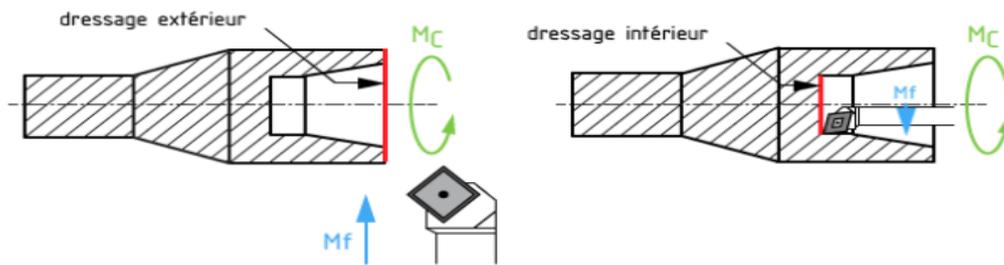


Figure. III.13. Dressage extérieur et intérieur [26]

III.5.6.3.3. Perçage

Qui consiste à créer un trou dans une pièce, qu'il soit ouvert ou borgne. Cette opération est réalisée à l'aide d'une perceuse, qui pénètre dans la pièce par son extrémité et découpe un trou d'un diamètre égal à celui de l'outil utilisé. [26]

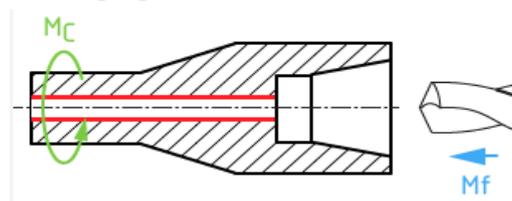


Figure. III.14. Le perçage [26]

III.4.6.4.4. Rainurage

Qui permet de créer une rainure à l'intérieur ou à l'extérieur d'une pièce. La rainure a une largeur égale à celle de l'outil de coupe utilisé. Cette opération est souvent réalisée pour loger des bagues circulaires, des joints toriques ou d'autres éléments similaires. [26]

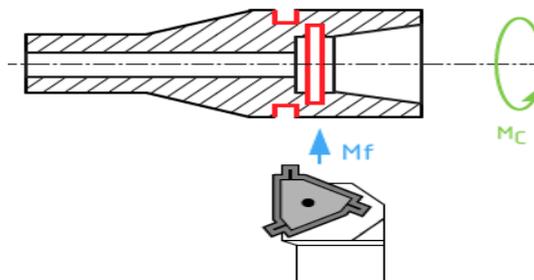


Figure. III.15. Le rainurage intérieur et extérieur [26]

III.4.6.4.5. Chanfreinage

C'est un processus par lequel l'angle aigu d'une pièce est supprimé et un petit cône est formé. [26]

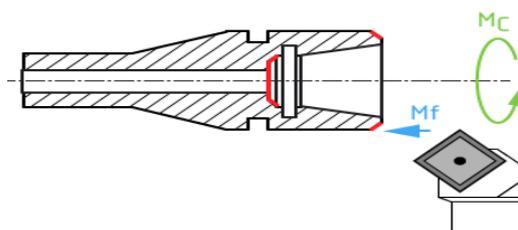


Figure. III.16. Le chanfreinage intérieur et extérieur [26]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.6.4.6. Tronçonnage

La séparation est un processus de fabrication qui consiste à créer une rainure à l'intérieur ou à l'extérieur d'une pièce, s'étendant jusqu'à ce qu'elle atteigne le centre ou le diamètre intérieur de la pièce. Cela vous permet de séparer ou de couper une partie spécifique de la pièce selon vos besoins.[26]

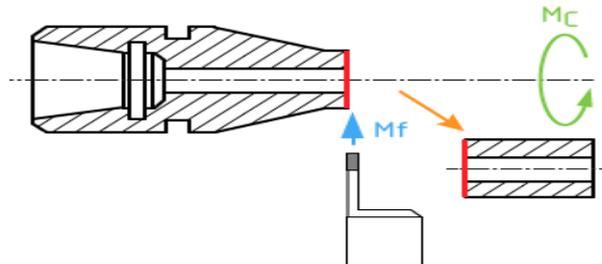


Figure. III.17. Le tronçonnage [26]

III.4.6.4.7. Filetage

C'est un processus consistant à exécuter un filetage externe ou interne, avec la transmission axiale d'outil de coupe monopoint, le long du côté de la pièce, combinant le mouvement de coupe avec le mouvement d'avance. [26]

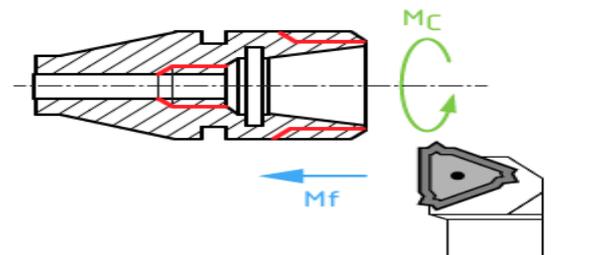


Figure. III.18. Le filetage intérieur et extérieur [26]

III.4.6.5. Les plaquettes d'outils

Les outils couramment utilisés consistent en un insert amovible fixé au porte-outil.

III.4.6.4.1. Les plaquettes

Les angles β , ϵ et le rayon de bec " r " sont déterminés par la forme de la plaquette. Afin d'assurer une résistance optimale de la plaquette, il est recommandé de choisir des valeurs maximales pour le rayon de bec " r " ainsi que les angles β et ϵ . [26]

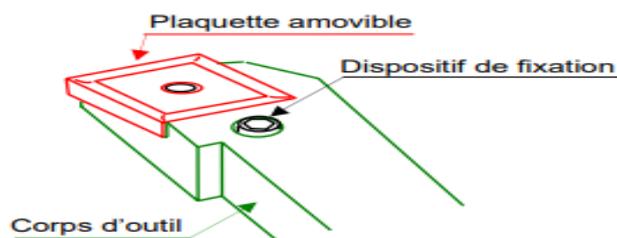


Figure. III.19. Composition d'outil [26]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.6.4.2. Le corps d'outil

Les angles α , γ , λ_s et K_r sont déterminés par la position de la plaquette sur le corps de l'outil

III.4.6.4.3. Les différentes formes de plaquettes

Différentes formes de puces sont utilisées, notamment carrées, rondes, rectangulaires, rhombiques, rhombiques et triangulaires.

Le choix de la forme de l'insert dépend des surfaces à obtenir et du processus de travail. Lorsque plusieurs formes conviennent, celle offrant la meilleure résistance mécanique (ϵ_r maximum) est préférée. Si la résistance n'est pas le critère principal, on choisit la forme la plus économique, c'est-à-dire celle qui permet d'utiliser le maximum d'arêtes (insert carré). Il existe également des inserts de formes hexagonales, octogonales et pentagonales. [26]

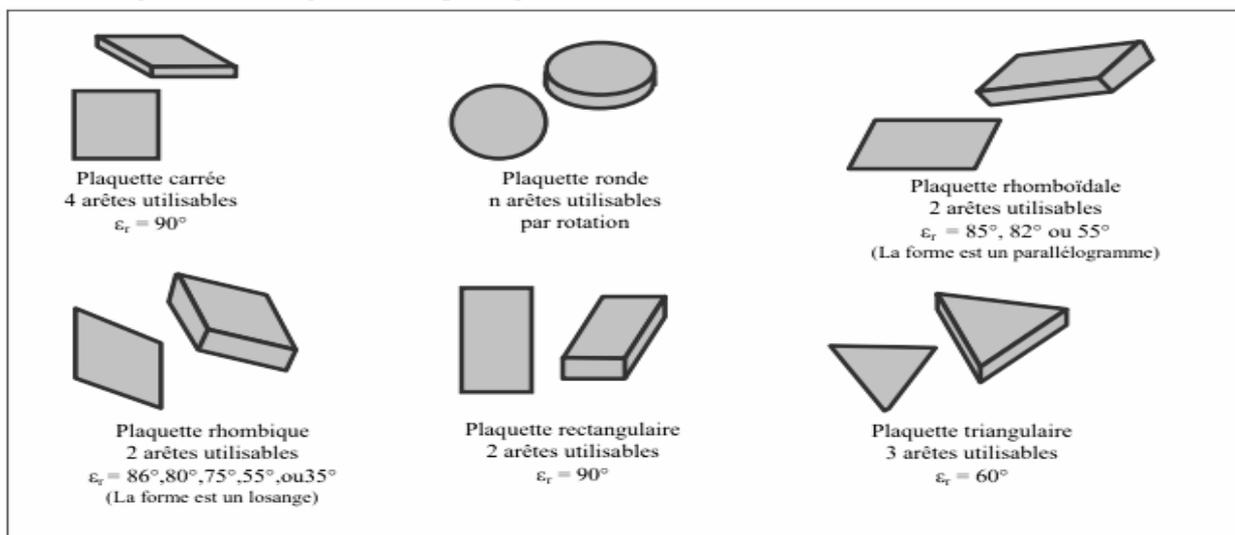


Figure. III.20. Les différentes formes de plaquettes [26]

III.4.6.4.4. Les plaquettes réversibles

Une plaquette est considérée comme réversible lorsqu'elle possède un plan de symétrie parallèle à ses deux faces principales. Cela signifie qu'elle peut être retournée sur son corps d'outil, ce qui double le nombre d'arêtes utilisables. C'est particulièrement avantageux d'un point de vue économique. Par exemple, une plaquette carrée qui a initialement 4 arêtes utilisables passe à 8 arêtes utilisables lorsque retournée. [26]

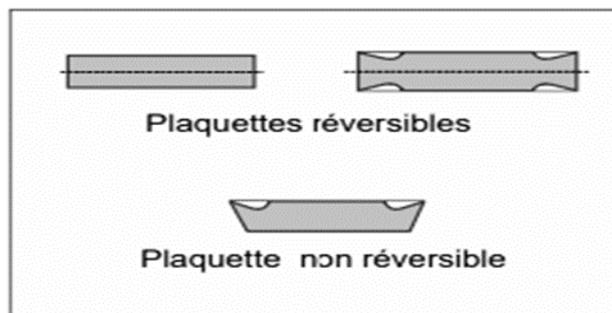


Figure. III.21. Les plaquettes réversibles et non réversible [26]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.6.5. Les outils de tournage

À l'aide des outils suivants, diverses opérations de tournage sont effectuées :

III.4.6.5.1. Les outils à charioter

Utilisés pour réaliser des cylindres ou des cônes extérieurs lors du tournage. Ils permettent une seule direction de travail. Si la pièce présente un épaulement, on obtient une surface en travail d'enveloppe ainsi qu'une surface en travail de forme.[27]



Figure. III.22. Outil de chariotage coudé et droit [27]

III.4.6.5.2. Les outils à dresser

Utilisés pour usiner des surfaces planes, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de la pièce, en travaillant perpendiculairement à son axe. Ils offrent une seule direction de travail. En présence d'un épaulement, on obtient à la fois une surface en travail d'enveloppe et une surface en travail de forme. [27]



Figure. III.23. Outil à dresser [27]

III.4.6.5.3. Les outils à charioter-dresser

Outils polyvalents qui offrent au moins deux directions de travail, ce qui leur permet d'effectuer à la fois des opérations de chariotage et de dressage. Ils sont utilisés pour usiner des surfaces extérieures en travail d'enveloppe.[27]



Figure. III.24. Outil à charioter-dresser [27]

III.4.6.5.4. Les outils à aléser-dresser

Outils polyvalents qui offrent au moins deux directions de travail, ce qui leur permet d'effectuer à la fois des opérations d'alésage et de dressage de surfaces intérieures.[27]



Figure. III.25. Outil à aléser-dresser [27]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.6.5.5. Les outils à tronçonnage

Utilisés pour découper des pièces après leur usinage, permettant ainsi de les séparer ou de les couper selon les besoins.



Figure. III.26. Outil à tronçonnage [27]

III.4.6.5.6. Les outils à fileter

Les outils à fileter sont conçus avec une partie active affûtée spécifiquement pour reproduire la forme du filetage souhaité.



Figure. III.27. Outil de fileter extérieur et intérieur [27]

III.4.6.5.7. Les outils à rainurer

Le choix de l'outil de tournage dépend de la forme souhaitée de la pièce à usiner. Il est important d'assurer une adéquation entre les paramètres géométriques de la pièce tels que les angles et les distances et ceux de l'outil tels que la forme de la plaquette et la position de l'arête de coupe.[27]

Ces outils sont utilisés pour effectuer des opérations de rainurage.



Figure.III.28. Les outils à rainurer [27]

III.4.6.6. Les montages sur le Tour

Il existe trois principaux types de montages de la pièce à usiner sur le tour.

III.4.6.6.1. Montage en l'air

Le montage de la pièce sur le porte-pièce se fait en utilisant une seule extrémité, ce qui est courant pour les pièces courtes avec un rapport longueur/diamètre inférieur à 2 ($L/D < 2$). Un mandrin est généralement utilisé pour ce type de montage, mais dans certains cas, un plateau avec un montage sur équerre peut également être utilisé. Ce montage permet d'usiner à la fois l'intérieur et l'extérieur de la pièce. [28]

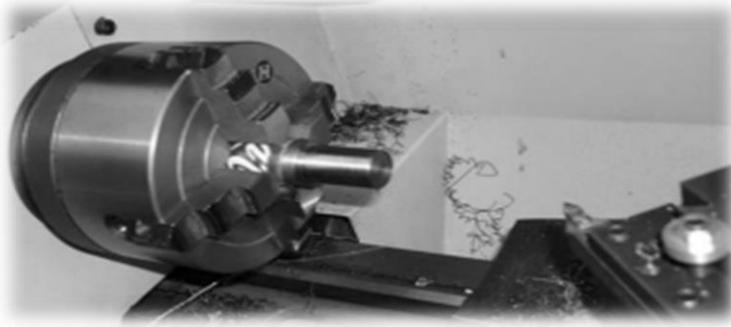


Figure. III.29. Montage en l'air [28]

III.4.6.6.2. Montage mixte

La pièce est positionnée sur le mandrin d'un côté, comme dans le cas du montage en l'air, tandis que l'autre extrémité de la pièce est soutenue par la contre-pointe, qui est une pointe tournante montée sur la poupée fixe. Le mandrin assure le maintien et l'entraînement corrects de la pièce. Ce type de montage est généralement utilisé pour les pièces longues et ne permet pas l'usinage de l'intérieur des pièces. [28]



Figure. III.30. Montage mixte [28]

III.4.6.6.3. Montage entre pointes

Dans le montage entre pointes, la pièce est positionnée en utilisant deux pointes qui s'insèrent dans les centres de la pièce. Ce type de montage est utilisé pour éviter la flexion des pièces ayant une longueur supérieure à 2 à 3 fois leur diamètre ($L > 2 \text{ à } 3 D$). Il permet d'obtenir des conditions géométriques précises et contrôlées. [28]

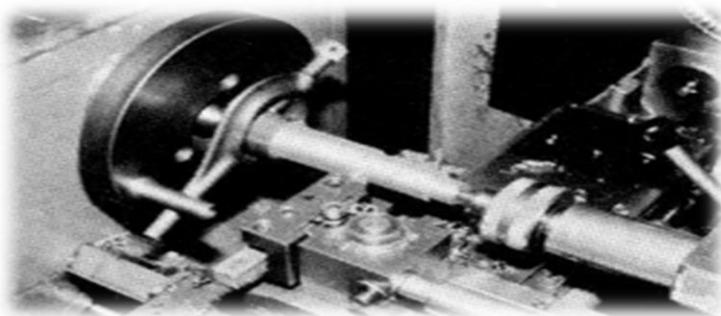


Figure. III.31. Montage entre pointes [28]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.4.6.7. Conditions de coupe

Les conditions de coupe sont les paramètres de fabrication utilisés pour réaliser une opération de tournage sur un tour. Ces paramètres comprennent.

III.4.6.7.1. Vitesses de coupe

La pièce est mise en rotation sur le tour à une vitesse angulaire ω , qui est transmise de la broche de la machine au porte-pièce. La vitesse relative de la pièce par rapport à l'outil en ce point est calculée à l'aide de la formule suivante.[29]

$$V_c \text{ (m/min)} = \frac{D}{2} \text{ (m)} \times \omega \text{ (red / min)} \quad \text{(III-1)}$$

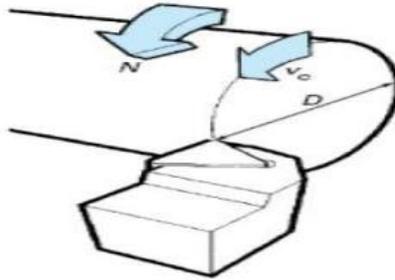


Figure. III.32. Vitesses de coupe V_c [29]

L'expression suivante donne la vitesse de la broche :

$$N \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \times V_c \text{ (m/min)}}{\pi D \text{ (mm)}} \quad \text{(III-2)}$$

Avec

N : vitesse de rotation tr/min

Vc : La vitesse de coupe est exprimée en mètres par minute (m/min) et représente la distance parcourue par une dent en une minute.

D : diamètre du foret en mm

III.4.6.7.2. Vitesse d'avance Vf et avance par tour f

L'avance de l'outil pendant les rotations est calculée en utilisant la formule suivante :

$$V_f \text{ (mm)} = f \text{ (mm/tr)} \times N \text{ (tr/min)} \quad \text{(III-3)}$$

L'avance par tour influence l'état de surface (rugosité). Pour une meilleure qualité, il faut réduire l'avance. Le choix de l'outil est également crucial car sa géométrie et son usure peuvent impacter la surface usinée. Il est donc important d'utiliser un outil approprié en bon état pour obtenir le meilleur résultat en termes d'état de surface. [29]

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

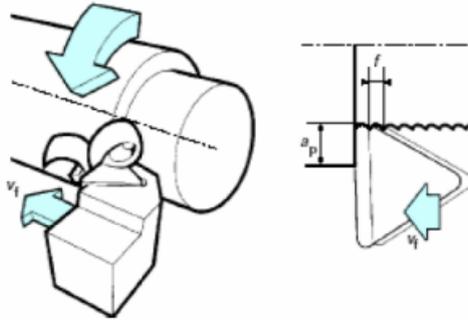


Figure. III.33. Vitesse d'avance V_f [29]

III.4.6.7.3. Profondeur de passe « a »

Correspond à la distance parcourue par l'outil lors de sa descente pour enlever de la matière. Elle est influencée par la dureté de la pièce, la puissance de la machine et la taille de l'outil.

Chapitre III : Généralité sur l'usinage et procédé le tournage

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu des machines et des machines-outils, en mettant en évidence les différents types afin de présenter les composants et les techniques propres à chaque machine. Compte tenu de l'évolution de l'industrie, il est essentiel de bien comprendre la technologie de ces machines, car leur utilisation revêt une grande importance dans le domaine industriel. Nous avons également abordé les aspects généraux de la machine de tournage, tels que son concept, son principe de fonctionnement, ses types, les paramètres de coupe ainsi que les différents outils utilisés.

**Chapitre IV Etude de
maintenance FMD et AMDEC de
la machine tour parallèle S400**

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

IV.1. Introduction

Il est toujours difficile de garder les choses simples dans un environnement complexe, c'est pourquoi effectuer la maintenance du site dans un système de production est un travail si difficile.

Le but de ce chapitre est d'utiliser l'historique des défaillances du tour pour effectuer une étude empirique de l'indice FMD en suivant les trois courbes d'indice et l'étude MDEC et la hiérarchisation des défaillances.

IV.2. Etude FMD de tour parallèle S400

Nous utiliserons l'historique de l'unité ALFA PIPE GHARDAIA pour définir les indicateurs de maintenance essentiels à l'évaluation de cet équipement.

IV.3. Exploitation de l'historique

Le traitement des données historiques (tableau 1) comprend

- Calcul du Temps Arrêt (TA)
- Calcul (TBF), qui est dérivé de la différence entre deux pannes consécutives.
- Calcul des heures de maintenance technique.

TBF : temps de bon fonctionnement

TTR : Temps de réparation

Tableau IV. 1. Dossier historique de tour parallèle S400

N°	Date de démarrage	Date de fin d'arrêt	TBF (h)	TTR (h)	Mode	Cause	Action
01	11/01/ 2019	28/01/2019	172	2	Cassures des dents	Mauvais alignement des poulies de courroie	Changer la courroie de poulie
02	29/01/2019	7/02/2019	293	2	Mauvais maintien	Le mandrin n'est pas lubrifié(graissé)	Inspection de graissage
03	08/02/2019	05/03/2019	1114	3	Mouvement lent	Absence d'un mécanisme d'avance rapide de l'un des axes du chariot	Vérification de tout l'élément mécanique de l'axe du chariot
04	06/03/2019	09/04/2019	827	3	Ne filtre pas	Le filtre à huile est bouché	Nettoyage et vérification des propriétés du lubrifiant utilisé dans le système hydraulique

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

05	10/04/2019	25/05/2019	742	3.5	Usure	Fatigue du broche	Changement de la broche
06	26/05/2019	12/07/2019	491	2	Coincement	Manque de graissage du Broche	Graissage et appoint d'huile du broche
07	08/09/2019	22/09/2019	209	2	Coincement	Manque de graissage du Broche	Graissage et appoint d'huile du broche
08	23/09/2019	28/11/2019	755	2.5	Frottement	Usure d'axe du broche	Changement de l'axe du broche
09	12/06/2020	05/07/2020	899	2.5	Réservoir perdue	Fissure du réservoir d'huile	Examiner et souder les fissures du réservoir d'huile
10	06/07/2021	09/08/2021	341	3.5	Bruit anormal pendant la rotation des vitesses	Vibration de la vis de boîte de vitesses	Démontage et changement de la vis de boîte de vitesses
11	09/09/2021	07/11/2021	956	3.5	Coincement	Cassés les engrenages du chariot	Changer les engrenages du chariot
12	28/11/2021	26/12/2021	1047	2.5	Manque de phase	Le courant électrique est coupé	Changer le disjoncteur
13	27/12/2021	03/02/2022	357	3	Vibration	Mauvais alignement des poulies de courroie	Changer le roulement de poulie
14	24/03/2022	09/04/2022	604	2.5	Fuite	Fuite du flexible du circuit hydraulique	Remplir d'huile du système hydraulique
15	15/01/2023	03/02/2023	98	2.5	Usure de gorge	Mauvais alignement des poulies de courroie	Changer de poulie

IV.4. Application pratique des méthodes d'analyse

IV.4.1. Application Pratique méthode prévisionnelle « ABC (Pareto) »

Analysez le fichier d'historique des pannes de service. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous, classés selon la règle de la loi ABC :

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

Tableau. IV.2. L'analyse ABC (Pareto)

N°	Organe	TTR(h)	Cumul TTR	% TTR	Nombre de panne	Cumul des pannes	%de pannes Cumulées
1	La broche	10	10	25	4	4	26.67
2	Système hydraulique	8	18	45	3	7	46.66
3	La poulie de courroie	7.5	25.5	63.75	3	10	66.67
4	Le chariot	6.5	32	80	2	12	80
5	La vis de boîte de vitesses	3.5	35.5	88.75	1	13	86.70
6	Le disjoncteur	3	38	95	1	14	94.33
7	Le mandrin	2	40	100	1	15	100

IV.4.2. Interprétation des résultats

• Zone A

a) En général, nous observons que 80% des pannes représentent environ 80% du temps d'arrêt, ce qui correspond à la zone A ou zone de priorité. Dans notre cas, la zone A comprend (la broche, le système hydraulique, la poulie de courroie et le chariot).

b) Pour améliorer la productivité des machines de la zone A, les mesures suivantes doivent être prises :

- Mettre en place une maintenance préventive systématique pour les machines mentionnées précédemment.
- Prévoir un stock adéquat de pièces de rechange pour les composants des machines concernées.
- Programmer des sessions de formation pour les techniciens du service de maintenance afin de renforcer leurs compétences en matière de maintenance de la broche, du système hydraulique, de la poulie de courroie et du chariot.

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

• Zone B

Les pannes de la vis de boîte de vitesses et du disjoncteur représentent 14,33 % du total des pannes, avec une augmentation de 15 % par rapport à la zone précédente.

• Zone C

Dans cette zone, Le mandrin représente seulement 5,67 % des pannes restantes, ce qui équivaut à 5 % des heures d'arrêt.

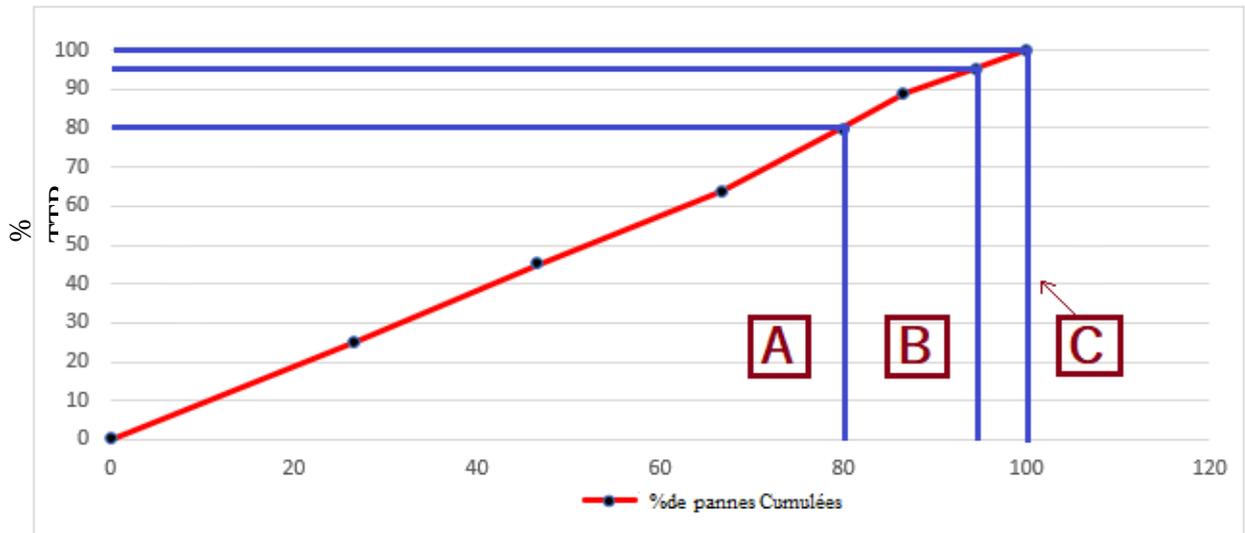


Figure. IV.1. La Courbe d'ABC

IV.5. Calcul les paramètres de Weibull

Tableau IV. 3. Fonction de réparation réel

N°	TBF(h)	N	$\sum ni$	F(i)	F(i) %
1	98	1	1	0.0454	4.54
2	116	1	2	0.1105	11.05
3	132	1	3	0.1753	17.53
4	140	1	4	0.2402	24.02
5	169	1	5	0.3051	30.51
6	180	1	6	0.3701	37.01
7	290	1	7	0.4350	43.50

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

8	370	1	8	0.5000	50.00
9	396	1	9	0.9800	98.00
10	432	1	10	0.6298	62.98
11	492	1	11	0.6948	69.48
12	540	1	12	0.7597	75.97
13	564	1	13	0.8246	82.46
14	696	1	14	0.8896	88.96
15	720	1	15	0.9545	95.45

Le tableau présente les temps de bon fonctionnement (TBF) classés par ordre croissant, ainsi que les valeurs $F(i)$ calculées à l'aide de la méthode des rangs médians. $F(i) = \frac{(\sum ni - 0.3)}{(N + 0.4)}$ dans notre cas

($N = 15 \leq 20$) Ainsi, une courbe de Weibull est dessinée.

La méthode des moindres carrés est utilisée pour estimer les paramètres de la distribution de Weibull (β, η, γ) à partir des temps de bon fonctionnement (TBF). Cela nous permet d'obtenir une estimation précise de ces paramètres afin de mieux comprendre la distribution des TBF.

IV.6. La méthode des moindres carrés

Elle consiste à chercher la droite pour minimiser la somme des carrés des distances horizontales des divers points à la droite et donne les paramètres de "Weibull" (β et η), On estime la valeur de ces paramètres par la méthode des moindres carrés en utilisant les expressions suivantes

$$\eta = e^{(\bar{x} - \bar{y}) / \beta}$$

$$\beta = \frac{\sum x_i y_i - \bar{y} \sum x_i}{\sum (x_i)^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

Avec $\gamma = 0$

$$x_i = \text{Ln}(\text{TBF})$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n}$$

$$Y_i = \text{Ln}[\text{Ln}(\frac{1}{1-f(i)})]$$

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

x(i)	y(i)	x(i)*y(i)	x ²	y ²		Σxi	Σyi	x(i)*y(i)	Σx ²	Σy ²
4,58497	-3,0691	-14,0717	21,0219	9,41939		92,65191467	-6,50543	-27,74691617	579,9384632	24,6853
5,14749	-2,14476	-11,0402	26,4967	4,60001						
5,34233	-1,64644	-8,79581	28,5405	2,71075						
5,68017	-1,29208	-7,33921	32,2644	1,66946						
5,83188	-1,01064	-5,89391	34,0109	1,02139					\bar{x}	\bar{y}
5,87774	-0,77177	-4,53626	34,5478	0,59563					6,176794311	-0,4337
6,19644	-0,56049	-3,47304	38,3959	0,31415						
6,40357	-0,36651	-2,34699	41,0058	0,13433				β	1,626306975	
6,60935	1,36405	9,01551	43,6835	1,86065				η	580,57858	
6,62672	-0,00631	-0,0418	43,9134	4E-05				MTBF	520,5293375	
6,7178	0,17125	1,15043	45,1289	0,02933				1/ β	0,614890064	
6,80128	0,35478	2,41296	46,2575	0,12587	A	0,89657				
6,86276	0,55428	3,80389	47,0974	0,30723	B	0,57372				
6,95368	0,79011	5,4942	48,3537	0,62428	f(t)	0,001132412				
7,01571	1,12818	7,91502	49,2202	1,2728	F(t)	0,567127514				
					R(t)	0,432872486				
					$\lambda(t)$	0,002616042				
					μ	0,00375				

Figure IV. 2. Page de calcul on Excel

Donc

$$\sum_{i=1}^{15} xi = 92,65191467 \quad \sum_{i=1}^{15} yi = -6,50543$$

$$\sum (xi)^2 = 579,9384632$$

$$\sum_{i=1}^{15} xiyi = -27,74691617$$

$$\frac{(\sum xi)^2}{n} = 572,291819468$$

$$\gamma=0$$

$$\eta=580,57858$$

$$\beta=1,626306975$$

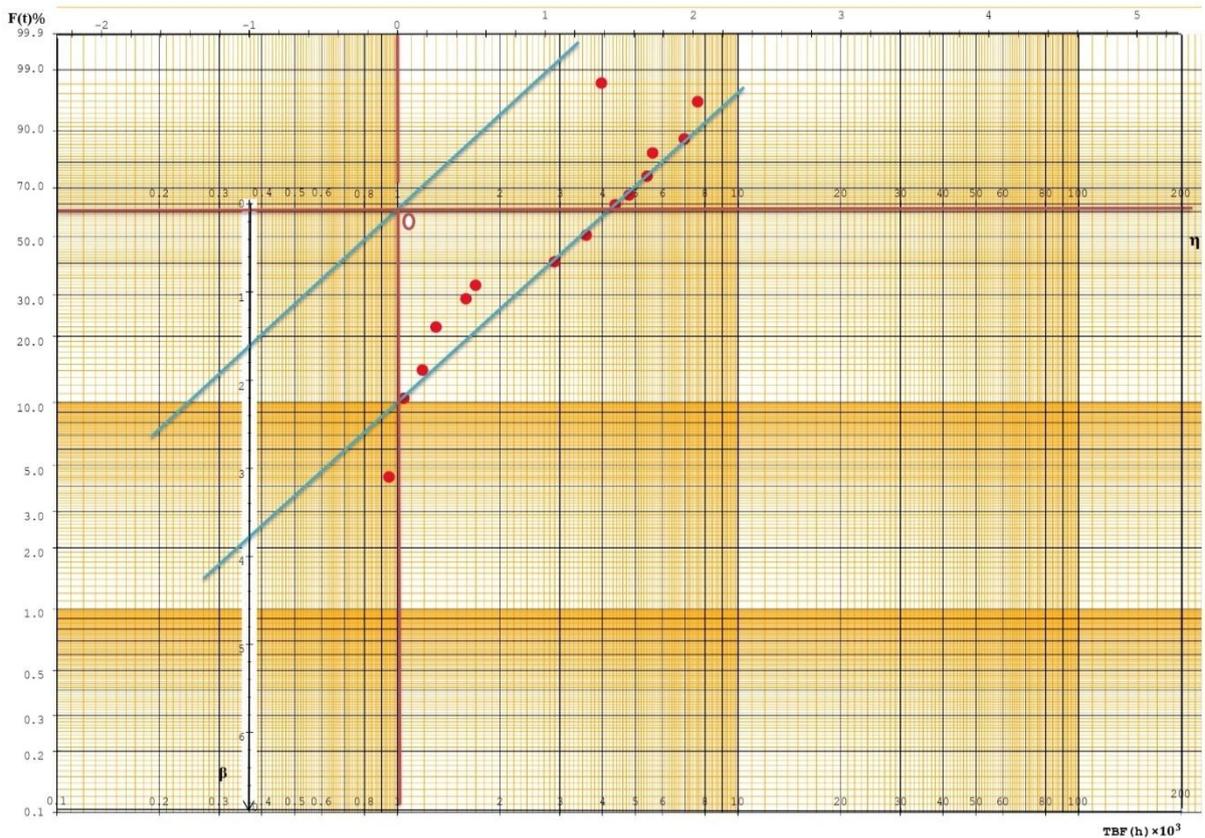


Figure IV. 3. Papier de Weibull sur logiciel Matlab

IV.7. Exploitation les paramètres de WEIBULL

IV.7.1. Le MTBF

Le tableau de MTBF donne $A= 0,89657$, $B= 0,57372$

$$MTBF=A. \eta + \gamma \tag{IV.1}$$

$$MTBF=0,89657 \times 580,57858 + 0$$

$$MTBF = 520,5293375 \text{ h}$$

La densité de probabilité en fonction de MTBF

$$f(t = MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp \left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] = 0,001132412 = 0.1132412\% \tag{IV.2}$$

IV.7.2. La fonction de réparation en fonction de MTBF

$$F(t) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \tag{IV.3}$$

$$F(t = MTBF) = 1 - \exp \left(-\frac{520,5293375}{580,57858}\right)^{1,626306975} = 0,57 = 57\%$$

IV.7.3. La fiabilité en fonction de MTBF

$$R(t=MTBF) = 1 - F(t= MTBF) = 1-0.57 = 0.43$$

$$R(MTBF) = 43 \%$$

IV.7.4. Le taux de défaillance en fonction de MTBF

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{IV.4}$$

$$\lambda(t = MTBF) = \frac{1,626306975}{580,57858} \left(\frac{520,5293375-0}{580,57858}\right)^{1,626306975-1} = 0,002616042 \text{ panne/heure}$$

IV.7.5. Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique

$$R(t)=80\% \rightarrow t = ?$$

$$R(t) = \exp \left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right) \tag{IV.5}$$

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.8) \Leftrightarrow -[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta \rightarrow t = \eta[\ln 1/R(t)]^{1/\beta}$$

$$T_{sys} = 230,8405 \text{ h.}$$

Pour garder la fiabilité de la machine tour 80% il faut intervenir chaque Temps systématique 230,8405h

IV.8. Étude de modèle de Weibull

IV.8.1. La fonction de la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp \left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \tag{IV.6}$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

(IV.7)

Tableau IV. 4. La fonction de la densité de probabilité

TBF(h)	f(t)
98	0,000869717
172	0,001138643
209	0,001221783
293	0,001313756
341	0,001317697
357	0,001312612
491	0,001177791
604	0,000988447
742	0,000735943
755	0,000712896
827	0,000590879
899	0,000480772
956	0,000403345
1047	0,000298302
1114	0,000235105

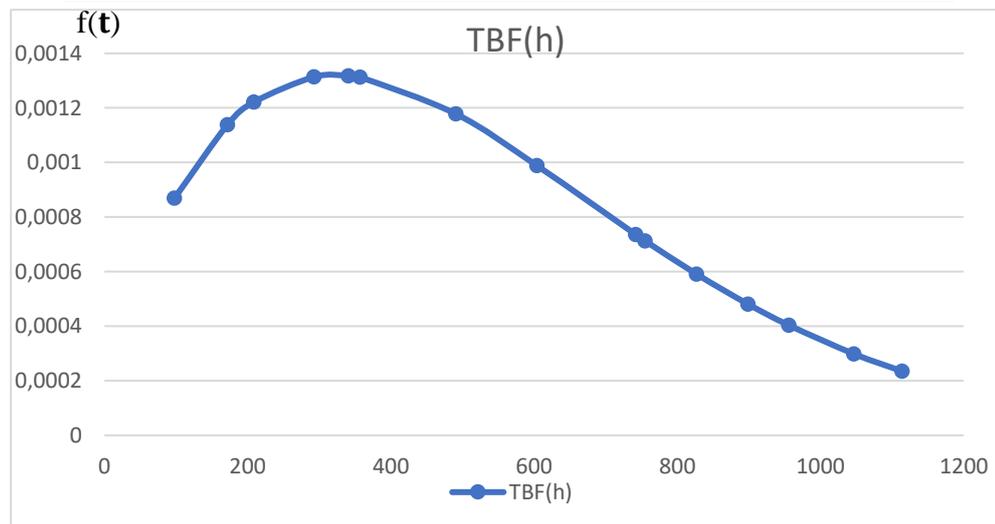


Figure.IV. 4. La Courbe Densité De Probabilité

Analyse de La courbe

La courbe de la densité de probabilité montre une diminution de la fonction f(t) avec le temps, indiquant une réduction progressive de la probabilité de défaillance de l'équipement.

IV.8.2. Fonction de répartition F(t)

$$f(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \tag{IV.8}$$

Tableau IV. 5. Fonction de répartition

TBF(h)	F(t)
98	0,053887
172	0,129148
209	0,172907
293	0,280249
341	0,343526
357	0,364572
491	0,533009
604	0,655766
742	0,774693
755	0,78411
827	0,830984
899	0,869484
956	0,894639
1047	0,926392
1114	0,944197

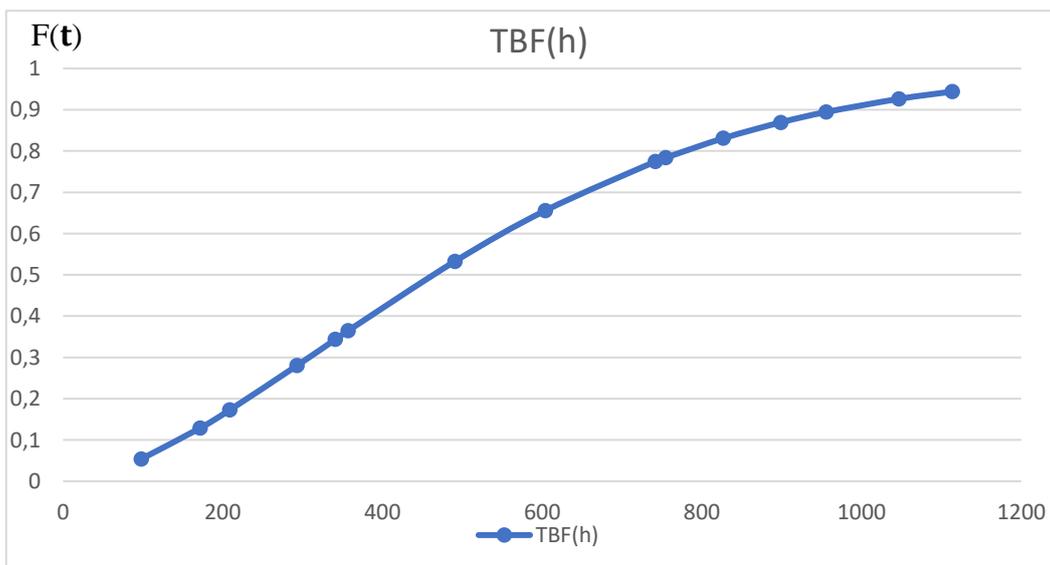


Figure. IV. 5. Courbe De Fonction Répartition

Analyse de la courbe

La fonction de défaillance augmente avec le temps, et pour une durée de vie moyenne (t=MTBF), la probabilité de défaillance F(MTBF) est de 57%.

IV.8.3. La Fiabilité

La fonction de fiabilité est définie comme la complémentaire de la fonction de distribution $R(t) = 1 - F(t)$. Après calcul de la fiabilité de la machine au temps $t=MTBF$, on constate que la valeur obtenue n'est pas satisfaisante, ce qui indique que la machine n'est pas fiable à ce temps. ($t=MTBF$)

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right) \qquad R(t = MTBF) = 0.43 \qquad (IV.9)$$

Tableau IV. 6. La fiabilité

TBF(h)	R(t)
98	0,946113
172	0,870852
209	0,827093
293	0,719751
341	0,656474
357	0,635428
491	0,466991
604	0,344234
742	0,225307
755	0,21589
827	0,169016
899	0,130516
956	0,105361
1047	0,073608
1114	0,055803

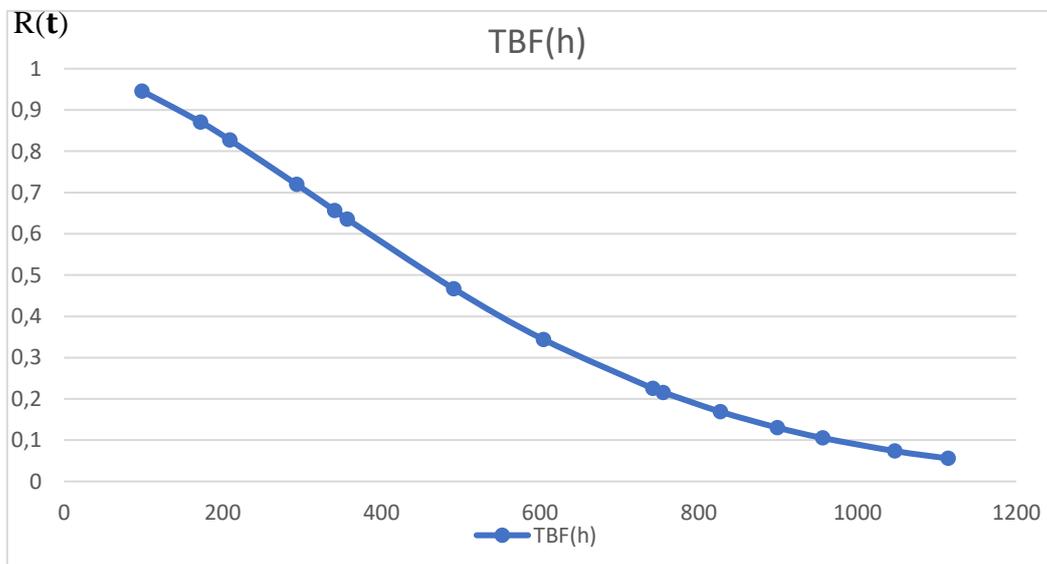


Figure. IV.6. La Courbe De la Fonction Fiabilité

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

Analyse de la courbe

La dégradation de la machine est représentée sur un graphique décroissant en fonction du temps. Améliorer sa fiabilité nécessite une analyse détaillée des pannes et de leurs causes.

IV.8.4. Le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

(IV.10)

Tableau IV. 7. Le taux de défaillance

TBF(h)	$\lambda(t)$
98	0,000919
172	0,001308
209	0,001477
293	0,001825
341	0,002007
357	0,002066
491	0,002522
604	0,002871
742	0,003266
755	0,003302
827	0,003496
899	0,003684
956	0,003828
1047	0,004053
1114	0,004213

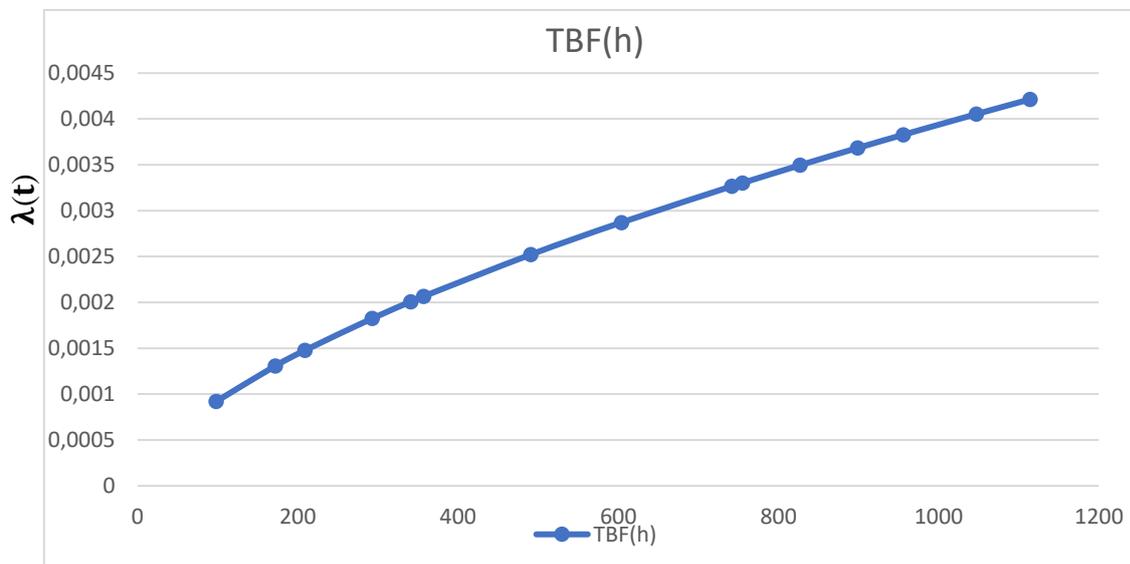


Figure. IV.7. Le courbe taux de défaillance

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

Analyse de la courbe

Le taux d'échec augmente naturellement avec le temps, ce qui est considéré comme normal.

IV.8.5. Calcul la Maintenabilité de la machine

Selon les données historiques des pannes de la machine, on calcule :

$$MTTR = \frac{\sum TR}{N}$$

TR temps de réparation.

N nombre de panne.

$$MTTR = 40/15 = 2.66 \text{ h.}$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

(IV.11)

Avec $\mu = 1/MTTR = 1/2.6667 = 0.375$ intervention / heure.

Tableau. IV. 8. La maintenabilité

TBF(h)	M(i)
98	0,30754
172	0,47534
209	0,54331
293	0,66671
341	0,72161
357	0,73783
491	0,84138
604	0,89617
742	0,93812
755	0,94106
827	0,95501
899	0,96565
956	0,97226
1047	0,98028
1114	0,98466

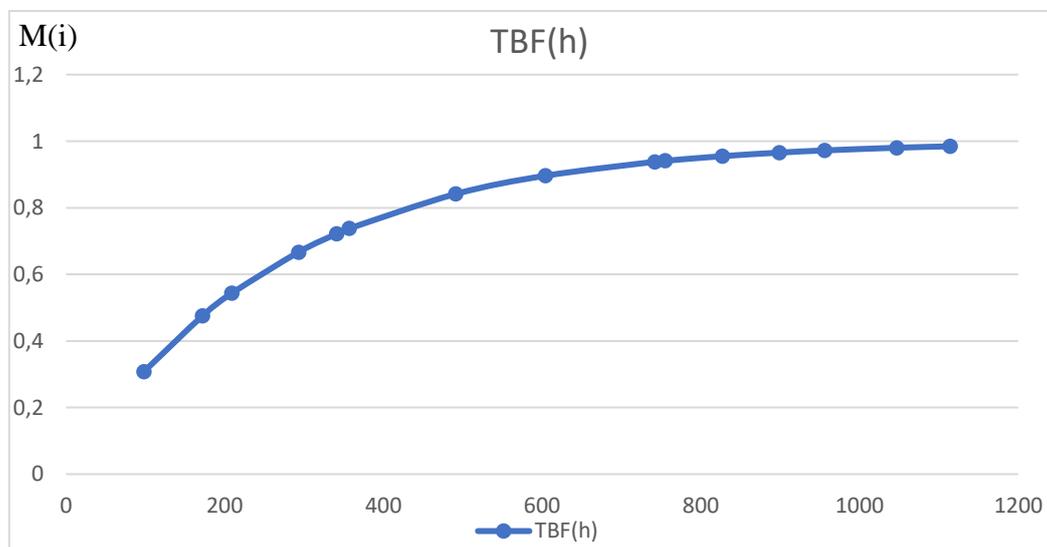


Figure. IV.8. La Courbe de Maintenabilité

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

Analyse de la courbe

La maintenabilité de la machine augmente avec le temps, atteignant un taux de 98,03% à l'instant T=1047 heures.

IV.9. Calcul la disponibilité Di

IV.9.1. Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{520,5293375}{520,5293375+2.66667} = 0,9949 \quad (\text{IV.12})$$

IV.9.2. Disponibilité instantané D(t)

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} \exp(-(\lambda + \mu)t)\right) \quad (\text{IV.13})$$

$$MTBF = 1/\lambda \rightarrow \lambda = 1/MTBF = 1/520,5293375 = 0,001921$$

$$MTTR = 1/\mu \rightarrow \mu = 1/MTTR = 1/2.66667 = 0.375$$

$$\lambda + \mu = 0,001921+0,375 = 0,39421$$

Tableau IV. 8. la disponibilité instantanée

T(h)	D(i)
10	0,974654882
20	0,95087296
30	0,928557821
40	0,907619001
50	0,887971612
60	0,869536003
70	0,852237437
80	0,836005784
90	0,820775241
100	0,806484064
110	0,793074315
120	0,780491632
130	0,768685003
140	0,757606565
150	0,747211405

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

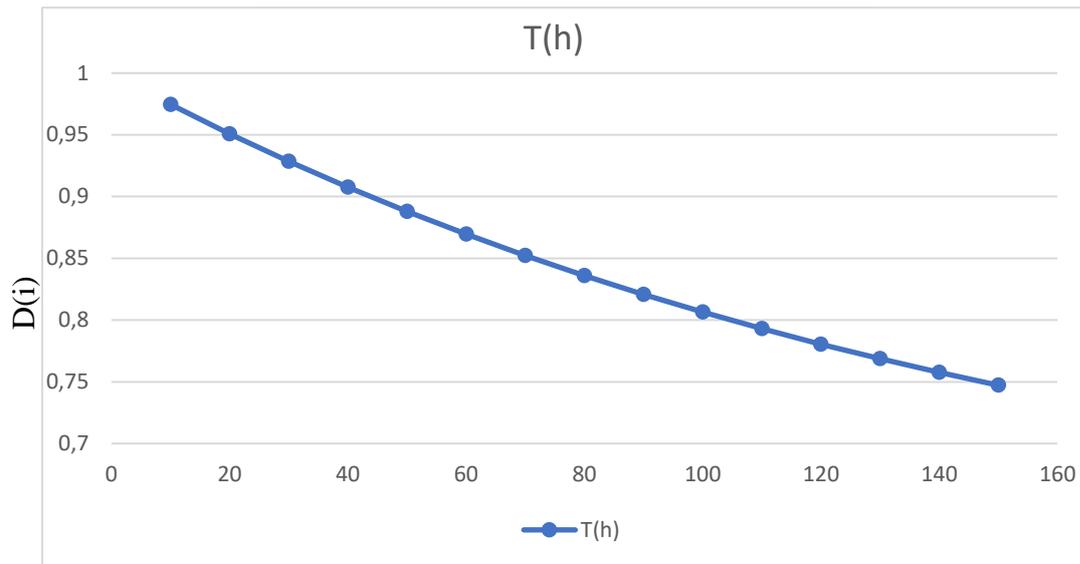


Figure IV. 9. Disponibilité instantanée

IV.10. Analyse de risque

a) Indice de gravité G

Tableau IV. 9. Indice de gravité

GRAVITE	DESCRIPTION
1	Simple
2	Faible
3	Haute
4	Très haute

b) Indice de fréquence F

Tableau IV. 10. Indice de fréquence F

Fréquence	DESCRIPTION
1	Une ou deux fois par an
2	Une fois par mois au moins
3	Au moins une fois par semaine
4	Au moins une fois par jour

Chapitre IV : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine tour parallèle S400

c) Indice de détection du risque D

Tableau IV. 11. Indice de détection D

DETECTION	DESCRIPTION
1	Détection Très rapide
2	Détection rapide
3	Détection possible
4	Détection retardée

d) La hiérarchisation (classement par criticité)

$$C=G*F*D$$

IV.11. L'Analyse AMDEC

Date de l'analyse	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement Machine normale				Page 1/4
	Système Tour parallèle S400		Sous - Ensemble Mécanisme de freinage, Vis et noix(table)							Nom
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Mécanisme de freinage (table)	Freinage montée et descente table	Descente libre	Galets du mécanisme de freinage usé	Arrêt de la machine	Rapide	2	3	2	12	Réglage du mécanisme de freinage
			Desserrage de l'écrou de mécanisme de freinage	Arrêt de la machine	Rapide	2	4	2	16	Changement des galets de freinage et réglage du fonctionnement
		Descente dure	Blocage de la table	Arrêt de la machine	Rapide	3	3	2	18	Démontage et vérification
			Cassure et blocage d'un ou plusieurs galets	Arrêt de la machine	Rapide	2	4	2	16	Changement et réglage
Vis et noix (table)	Montée Descente (table)	Montée dure	Manque graissage	Mauvaise Transmission	Possible	1	3	3	9	Vérification et control du circuit de graissage et appoint d'huile
			Descente libre	Vis ans fin endommagée	Arrêt de la machine	Rapide	1	4	2	8
		Blocage de la table	Cassure d'une ou plusieurs billes de la noix	Arrêt de la machine	Rapide	1	5	2	10	Vérification des billes de la noix ou changement de la noix
			Jeu et vibration de table	Usure sur les billes et la vis sans fin de déplacement table	Dégradation de la vitesse	Rapide	3	3	2	18

Date de l'analyse	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement Machine normale				Page 2 / 4	
	Système fraiseuse huron mu		Sous - Ensemble Boite de vitesse (belier) et Les avances automatiquetable							Nom	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective	
						F	G	N	C		
Boite de vitesse(belier)	Démunie ou augmenté la vitesse de rotation de la broche	Bruit a normal pendant la rotation des vitesses	Manque de graissage boite (barbotage)	Mauvais mouvement	Rapide (vérification voyant d'indication d'huile)	1	3	2	6	Appoint d'huile	
			Conduite d'alimentation d'huile cassée	Echauffement	Possible (Démontage et vérification)	1	4	3	12		
			Fuite d'huile jointure défectueuse	Pression faible	Retardée (Démontage et vérification)	1	2	4	8		
	Changement de vitesse dure (Pas de rotation dans quelques vitesses)	Changement de vitesse fait pas (Pas de rotation globale)	Changement de vitesse dure (Pas de rotation dans quelques vitesses)	Une ou plusieurs roues cassées	Arrêt la machine	Retardée (Démontage et vérification)	1	4	4	16	Changement des roues cassées
				Embrayage entrée boite défectueux	Contrôle faible	Possible (Démontage et vérification)	1	4	3	12	Changement d'embrayage
				Coupeure fils d'alimentation bobine d'embrayage	Contrôle faible	Rapide (démontage)	2	3	2	12	Vérification et Changement de des fils d'alimentation bobine d'embrayage
				Rotation de la boite vitesse défectueux	Contrôle faible	Possible (multimètre)	1	5	3	15	Vérification et réglage la boite vitesse
L'avance automatique table	Avancée la table a gauche droite	Mauvais engrainement de denture	Mauvais réglage de mécanisme d'engrenage	Mauvais mouvement	Possible (Démontage et vérification)	2	3	3	18	Vérification du réglage de la catidralle de fonctionnement avance automatique	
			Coupure du mécanisme de fonctionnement	Arbre de transmission de moteur cassée	Arrêt moteur	Retardée	1	4	4	16	Changement arbre de transmission
		Goupille élastique de raccordement cassé		Arrêt moteur	Possible	2	2	3	12	Changement des goupilles	
		Mécanique pendent le déplacement dure	Manque de graissage et présence d'importées	Arrêt la machine	Possible	1	3	3	9	Vérification du circuit de graissage et appoint d'huile	

Date de l'analyse	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement Machine normale				Page 3/4
	Système Tour parallèle S400		Sous - Ensemble Pompe centrale ; Circuit pompe et Moteur avances rapide							Nom
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Pompe centrale	Débit le lubrifiant sous pression	Pas de débit	Rupture accouplement	Pression fable	Retardée	1	3	4	12	PR accouplement
			Rupture interne / blocage	Atteint pas la pression nominale	Retardée	1	4	4	16	PR joints / pompe / moteur MR installer thermique
		Débit insuffisant	Usure interne	Arrêt la machine	Possible (manomètre)	1	4	3	12	MPT vérifier montée en pression
			Lubrifiant non conforme	Atteint pas la pression nominale	Rapide (manomètre)	1	4	2	8	D formation opérateur
Circuit pompe	Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Ne s'arrête pas	Possible (manomètre)	1	4	3	12	MPT vérifier montée en pression
		Fuite	Raccords desserrés par vibrations / joints défectueux	Pression fable	Possible (manomètre)	1	3	3	9	MPT vérifier montée en pression MPA resserrer les raccords PR joints, raccords, tuyaux
Moteur avances rapide	Assure l'avance rapide de tous les mouvements Bélier table console	Pas d'avance rapide dans tous les sens	Pas d'alimentation électrique	Arrêt la machine	Possible (manomètre)	1	2	3	6	Changement
			Absence de commande de démarrage	Ne démarier pas	Possible (manomètre)	1	2	3	6	Changement moteur
		Pas d'avance rapide dans l'undes axes	Moteur hors servisse	Arrêt la machine	Retardée (manomètre)	1	3	4	12	Vérification et réparer
			Erreur de câblage	Arrêt la machine	Possible	1	2	3	6	Vérification câblage d'alimentation
			Absence d'un mécanisme d'avance rapide de l'un des axes	Arrêt la machine	Possible	2	2	3	12	Vérification de tout l'élément mécanique de l'axe
		Bruit a normale au niveau moteur	Roulement du guidage cassé défectueux	Arrêt la machine	Retardée	1	4	4	16	Prévoir changement des paliersdes guidages

Date de l'analyse	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement Machine normale				Page 4 / 4
	Système Tour parallèle S400		Sous - Ensemble Mécanisme de freinage, Vis et noix (table)							Nom
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Moteur broche	Pour tourner la broche	Court-circuit	Vieillessement	Arrêt de la machine	Possible	1	3	3	9	Vérification et control du circuit
		Problème desroulements	Usure ou cassure desroulements	Mauvaise liaison	Rapide	2	4	2	16	Prévoir changement des paliers des guidages
		Vibration	Surcharge	Dégradation de fonctionnement de la broche	Visuel	3	4	1	12	Vérification et réglage
		Ne démarre pas	Erreur de câblage	Arrêt de lamachine	Visuel	2	4	1	8	Vérification câblage d'alimentation
		Manque de phase	Absence de commande	Arrêt de la machine	Visuel	2	3	1	6	Changement moteur
Broche	Pour tourer la pièce)	Coincement	Fatigue	Mauvaise liaison	Retardée	1	4	4	16	Changement de labroche
			Usure d'axe	Arrêt moteur	Possible	1	4	3	12	Changement de l'axe
			Manque de graissage	Pas de précision des pièces	Rapide	2	3	2	12	Graissage et appoint d'huile
Glissière	Diminuer le frottementdes liaisons	Fissure Encrassement	Manque de graissage	Pas de précision	Visuel	3	3	1	9	Graissage

IV.12. La hiérarchisation (classement par criticité)

Les principales difficultés de la recherche visant à prévoir les problèmes et à trouver des solutions proviennent de la variété des problèmes potentiels à prendre en compte. C'est pourquoi il est nécessaire de créer une hiérarchie qui permettra de classer les modes de défaillance et d'organiser séquentiellement leur traitement. La hiérarchisation selon le niveau d'importance permet d'identifier les actions prioritaires. Une méthode efficace consiste à créer une liste des principaux projets ou processus, qui sont généralement triés par ordre décroissant.

Tableau IV. 13. Classe de criticité

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 10$	Mise sous corrective
$10 \leq C < 20$	Mise sous préventif à la fréquence faible
$20 \leq C < 30$	Mise sous préventif à la fréquence élevée
$30 \leq C < 40$	Recherche amélioration
$40 \leq C < 50$	Reprendre la conception

IV.13. Conclusion

Dans ce chapitre, l'analyse FMD permettra au responsable de la fonction maintenance de déterminer la stratégie de maintenance à partir de l'étude graphique à travers un exemple pratique permettant d'obtenir des analyses approfondies pour une meilleure planification de la politique de gestion de la maintenance.

Nous avons également réalisé une analyse de risque de défaillance l'AMDEC ainsi qu'une analyse fonctionnelle et un arbre de défaillance pour chaque sous-ensemble de tour parallèles S400. Ces approches ont mis en évidence tous les scénarios de défaillance potentiels, les remèdes possibles et les procédures de maintenance suggérées.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Suite à un stage pratique, au sein de l'ALFA PIPE et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons réalisé une étude de la maintenance d'un tour d'usinage par analyse FMD et MDEC faite essentiellement à partir historique de pannes.

En partant de l'historique de pannes, de la machine tour, enregistré depuis janvier 2019, nous avons abordé une étude quantitative de l'historique par l'application, dans un premier temps, de la méthode ABC de Pareto. Cette dernière a été utilisé dans le but de trouver les actions prioritaires des interventions des agents de la maintenance que ce soit préventive ou curative.

Dans un deuxième temps, On a utilisé le papier de Weibull pour estimer Les paramètres de méthode de Weibull, et on trouve que $\beta = 1.62$, $\eta=580,57858$, $\gamma=0$ et il a été tout à fait clair de déduire que ces dernières se situent dans la phase de vie de vieillesse (le taux de défaillance est croissant, cette période correspond à une dégradation irréversible des caractéristiques du matériel, d'où une usure progressive).

Sur la base des résultats, il a été déterminé que la fiabilité de la machine est extrêmement faible $R(T) = 43\%$ en raison de son adoption de maintenance corrective et d'une augmentation du temps d'arrêt.

Cette période de vieillissement qui comporte la majorité de la vie du système, est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance, dont les pièces mécaniques (La broche, Le chariot, la courroie ...Etc.) sont soumises à des phénomènes de vieillissement multiples qui peuvent agir en combinaison corrosion, usure, déformation, fatigue, et finalement perte de résilience.

Etant donné que la remontée du taux de défaillance, avec l'âge, n'est pas toujours systématique, c'est pourquoi, les techniciens et les ingénieurs de la maintenance concentrent leurs efforts sur la maintenance systématique préventive conditionnelle afin de prévenir les défaillances de vieillesse. A cet effet, nous avons réalisé une étude qualitative de la machine tour parallèle S400 de prévention des défaillances qui sont l'analyse FMD et l'analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).

Comme conclusion finale, nous pouvons dire que pour augmenter la fiabilité qui donne la possibilité de réduire les temps d'arrêts, l'indisponibilité et les coûts de maintenance il faut concentrer l'ensemble des efforts afin de concrétiser une meilleure organisation de la maintenance. Pour cela des enjeux majeurs doivent être prisent en compte dans la totalité de la gestion de ce système.

CONCLUSION GENERALE

Ces enjeux peuvent être résumés comme suit

- Augmentation de la disponibilité des systèmes (diminution des arrêts imprévus meilleures temps techniques de réparation).
- Optimisation des interventions pendant les arrêts programmés,
- Meilleure surveillance des systèmes (exemple création des tâches de surveillance).
- Enjeu d'amélioration de l'organisation de maintenance
- Rapprochement de l'exploitation et de la maintenance,
- Motivation du personnel et adhésion pour le travail en équipe.

Bibliographie

- [1] Bank historique du département de la maintenance, ALFAPIPE, Tuberie Ghardaïa.
- [2] Archive, Présentation d'entreprise, ALFA PIPE, 2023.
- [3] MEHALLI Mouatez ,BillahBENAMOR Elhadj(Identification expérimentale des caractéristiques mécaniques de l'acier X70 D'ALFAPIPE) Université Kasdi Merbah Ourgla,2020.
- [4] Documentation du service de maintenance, Entreprise ALPHA PIPE Annaba, Consulté Avril 2017.
- [5] Mr. BENNADIR ALI, Mémoire de fin d'étude Master II, « Etude et Automatisation d'une chanfreineuse de tube à base d'automate programmable industriel type SIMATIC S7-300), Université de Ghardaïa, promo 2016.
- [6] Pr. BELLAOUAR ABDERRAHMANE, document analyse GMAO
- [7] Documentation du service de maintenance, Entreprise ALPHA PIPE Annaba, Consulté Avril 2017
- [8] Livre Cours de Maintenance Industrielle/TEC 336/ Smail BENISSAAD/UNIV.MENTOURI-CONSTANTINE/FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR / 2007-2008.
- [9] AMIEUR ABDELHADI et SEBA NACREDDINE, Mémoire de fin d'étude Master II , « Amélioration de la maintenance d'une machine à souder par la méthode AMDEC), Université de Ghardaïa, promo 2021.
- [10] L.benali, « maintenance industrielle », office des publications universitaires.1, place centrale de ben aknoun, alger, (9/2006).
- [11] Gilles Zwingelstein, LA maintenance basée sur la fiabilité,ed ; Hermes 2012
- [12] Bernard MÉCHIN, Introduction aux méthodes de maintenance, 2005
- [13] Romain LESOBRE , Modélisation et optimisation de la maintenance et de la surveillance des systèmes multi-composants ,Thèse de Doctorat , UNIVERSITÉ DE GRENOBLE , 2015
- [14] Sylvain DELAGE, Développement d'une méthodologie de qualification de systèmes complexes par des essais de fiabilité, Thèse de Doctorat, Université Bretagne Loire,2018
- [15] Bellaouar.A, Beleulmi.S , Cours Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD), Université Constantine1, 2014
- [16] Les Archives de l'ENDURO isde1999

- [17] Laurent Giraud, La maintenance - État de la connaissance et étude exploratoire, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST),2008.
- [18] Norme française X 60-500 terminologie relative à la fiabilité-maintenabilité-disponibilité, AFNOR, octobre 1988
- [19] F.Mounchy et V. Jean-Pierre <<Maintenance, Méthodes et Organisation>> 3ème édition, L'USINOUELLE DUNOD, paris, 2010
- [20] Textes des conférences, Institut de sûreté de fonctionnement, 18 juin 1991
- [21] KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales Centre d'étude En qualité totale.
- [22] G.Spinnler, « Conception des machines principes et applications », tome 3, presses Polytechniques et universitaires romandes, 1998.
- [23] Y. Schoefs, S. Fournier, J. C. Leon, « Productique mécanique », Delagrave, 1994, France.
- [24] J.C.Tanguy, « Rectification, conditions de base et données pratiques », centre technique des industries mécaniques, CETIM 2001, France.
- [25] M.Balazinski, Fabrication mécanique avancée,MEC4530, Ecole Polytechnique de Monreale, CANADA
- [26]. Rocardier, Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie, 2011
- [27] Analyse de fabrication, site d'université de Lille1, « Analyse-fabrication.univlille1.fr/co/chapitre_2_4_1_1.html »,
- [28] S. Benlahmidi, H. Aouici, Tournage, TP Production/ 2ème année GM&P, Ecole Nationale Supérieure de Technologie.
- [29]. M.Rahou, F.Sejaa, Automatisation des Instruction d'Usinage Cas Paramètres de Coupe, Mémoire de Master Université, Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 2007

Tableau IV.14. Annex

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,2	120	1 901	1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,3	92,625	50,08	1,6	0,8966	0,574	4,2	0,9086	0,244
0,35	5,291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,4	33,234	10,44	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,45	24,686	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,5	2	4,47	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	17,024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,6	1,546	2,65	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,916	0,218
0,65	13,663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,7	12,638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9162	0,21
0,75	11,906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,8	1,133	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,088	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,9	10,522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9803	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
1,1	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,926	0,165
1,15	0,9517	0,83	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,2	0,9407	0,787	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,25	0,99314	0,75	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,3	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,917	0,667	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,4	0,9114	0,66	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,931	0,17
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9316	0,168
1,5	0,9027	0,613	3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
1,55	0,8994	0,593	3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9335	0,163
1,6	0,8966	0,574	3,8	0,9083	0,266	6,8	0,934	0,161
1,65	0,8942	0,556	3,9	0,9051	0,26	6,9	0,9347	0,15